



# Vulnerabilità sismica delle costruzioni e loro miglioramento

## Murature



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI UDINE  
*hic sunt futura*

ALESSANDRA GUBANA







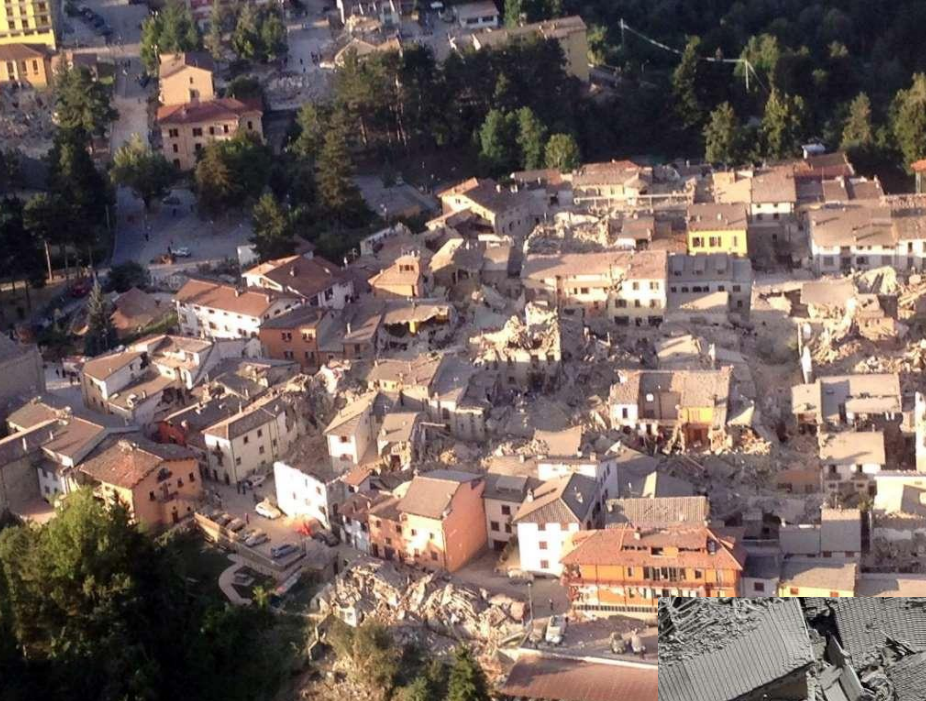
30 SETTEMBRE

TRIESTE 20 SETTEMBRE 2018

Friuli 1976



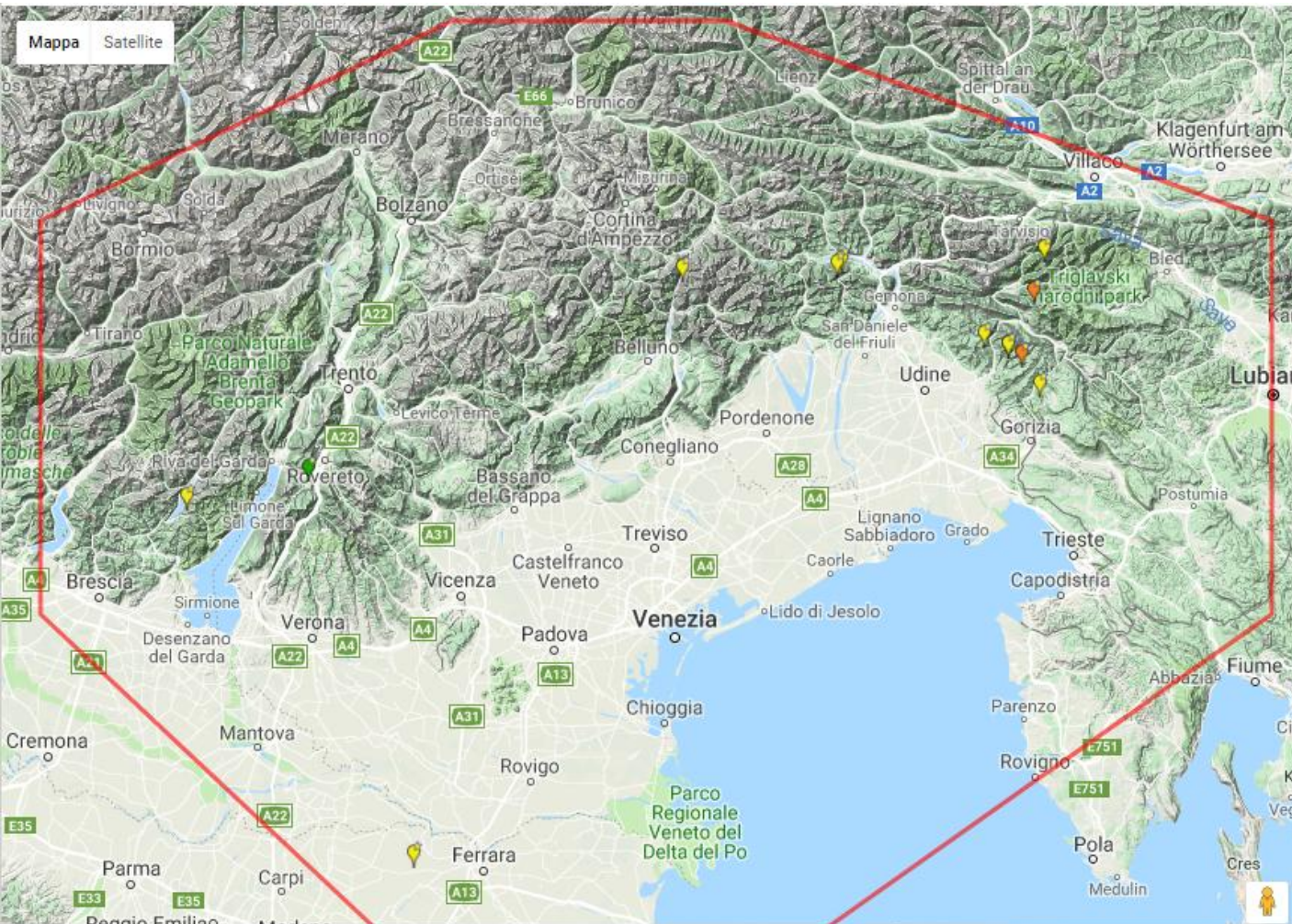




Amatrice  
24 agosto 2016







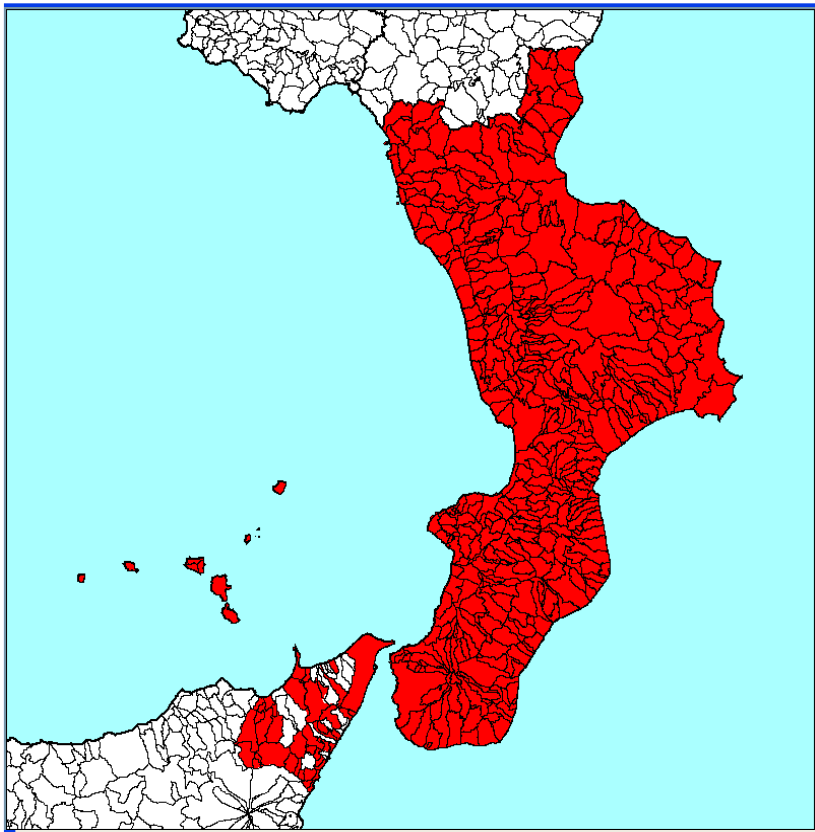
## lista eventi

ultima modifica 17/09/18 10:43

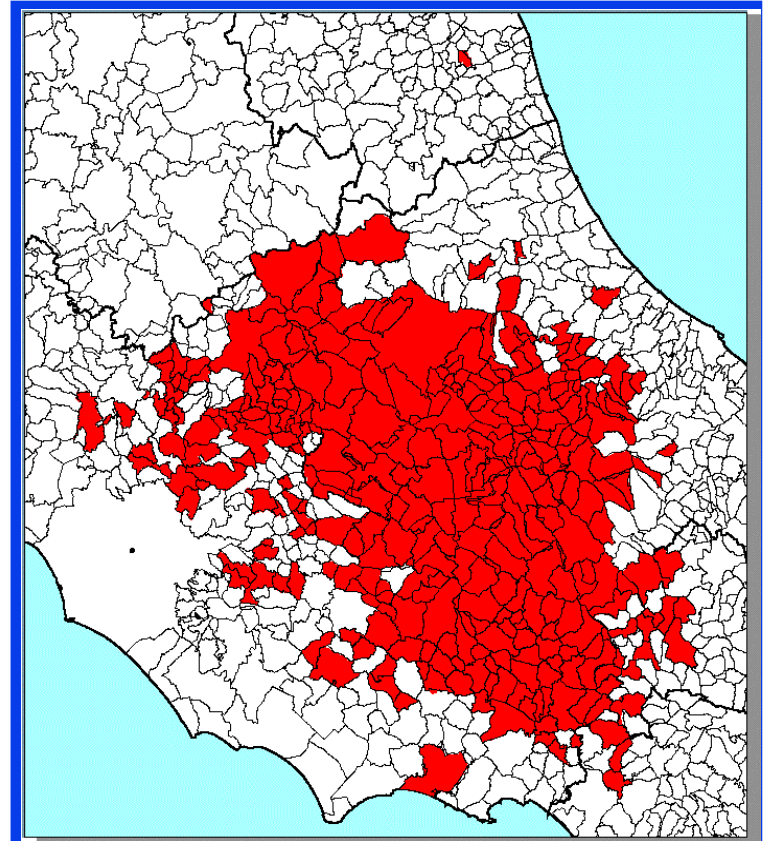
- 2018-09-16 19:44:04 **ML: 0.2 ± 0.3**
- 2018-09-16 14:21:33 **ML: 0.7 ± 0.3**
- 2018-09-15 23:17:39 **ML: 0.0 ± 0.3**
- 2018-09-15 19:33:36 **ML: 0.5 ± 0.3**
- 2018-09-15 13:45:39 **ML: 0.4 ± 0.3**
- 2018-09-15 08:01:16 **ML: 2.4 ± 0.3**
- 2018-09-15 07:15:56 **ML: 0.5 ± 0.3**
- 2018-09-15 06:27:12 **ML: 0.5 ± 0.3**
- 2018-09-15 00:23:12 **ML: 0.8 ± 0.3**
- 2018-09-14 13:57:53 **ML: 0.4 ± 0.3**
- 2018-09-14 13:47:08 **ML: 1.0 ± 0.3**
- 2018-09-14 11:59:37 **ML: 1.6 ± 0.3**
- 2018-09-14 06:04:58 **ML: 0.9 ± 0.3**

la classificazione del territorio ha sempre  
seguito in passato il verificarsi dei terremoti

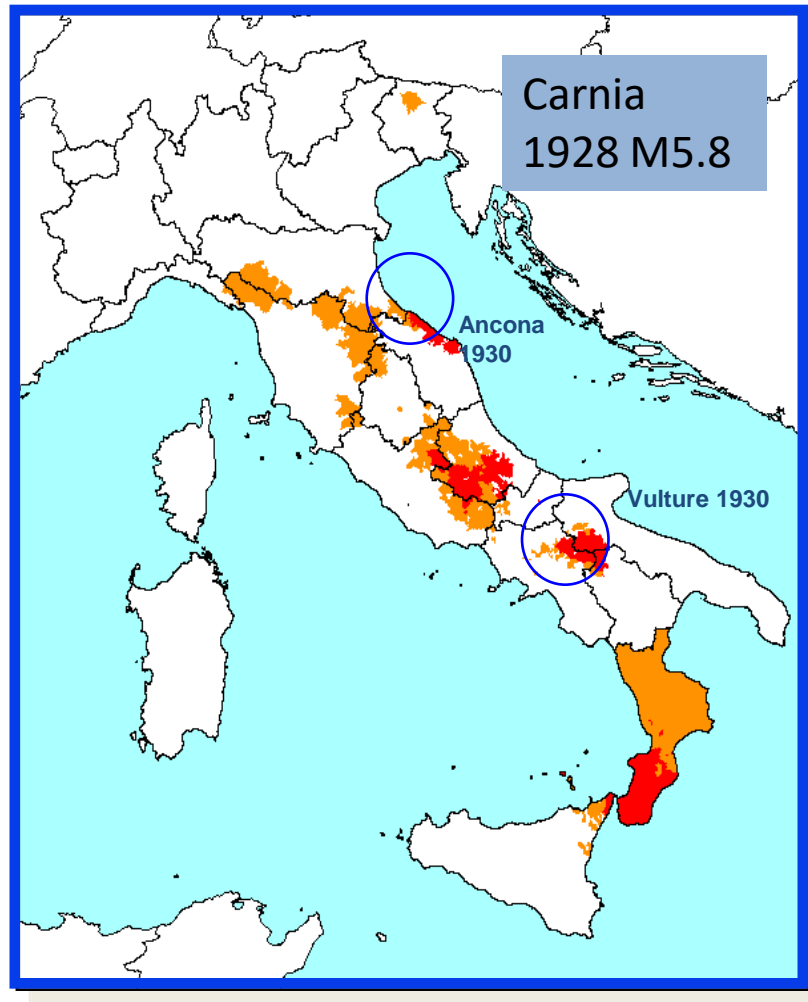
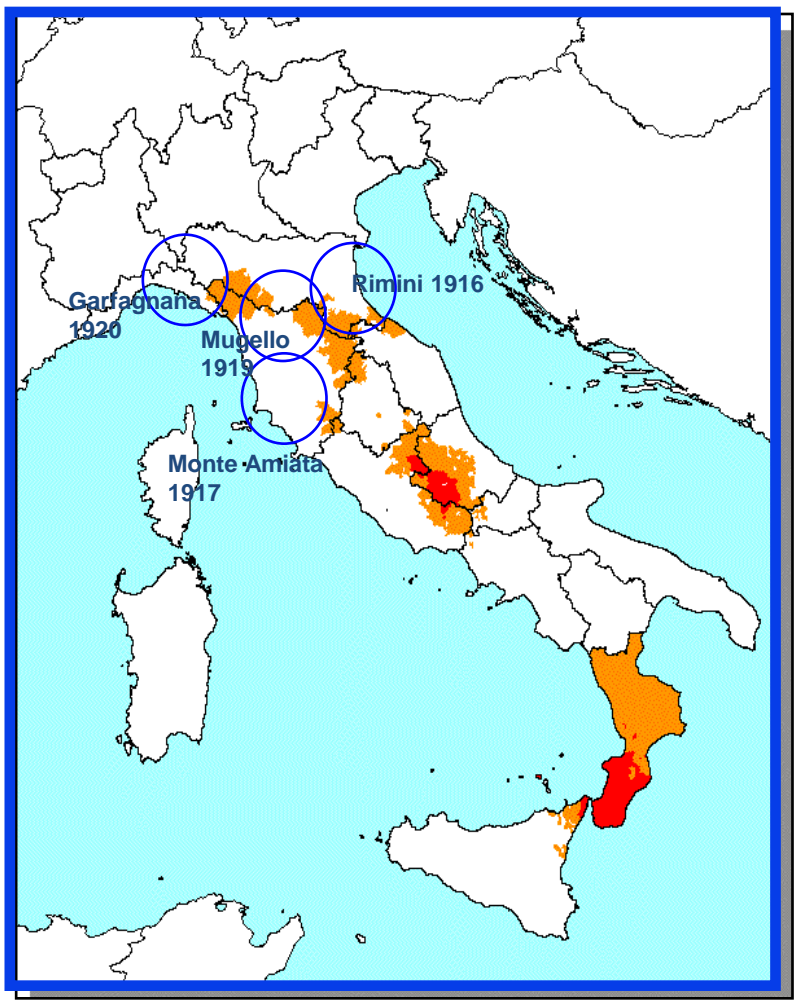
RD n.193/1909



RD n. 573/1915







# CLASSIFICAZIONE 1980

**Prima del 1980**

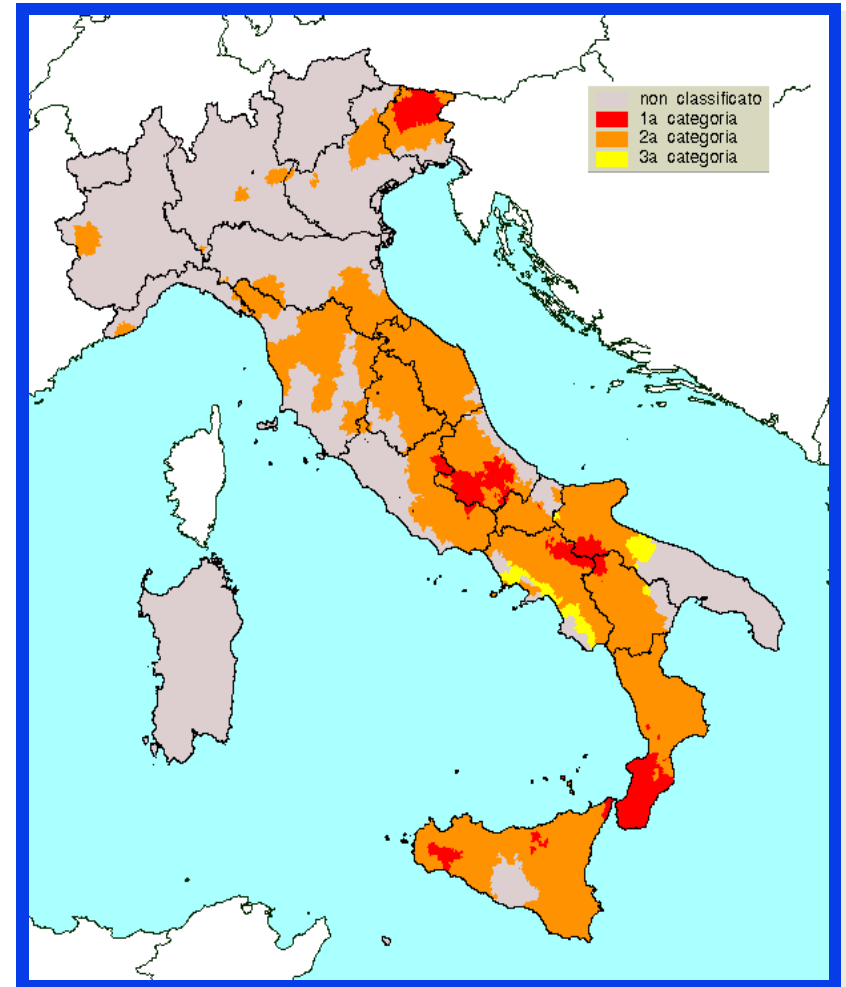
**1600 comuni**

**Dopo**

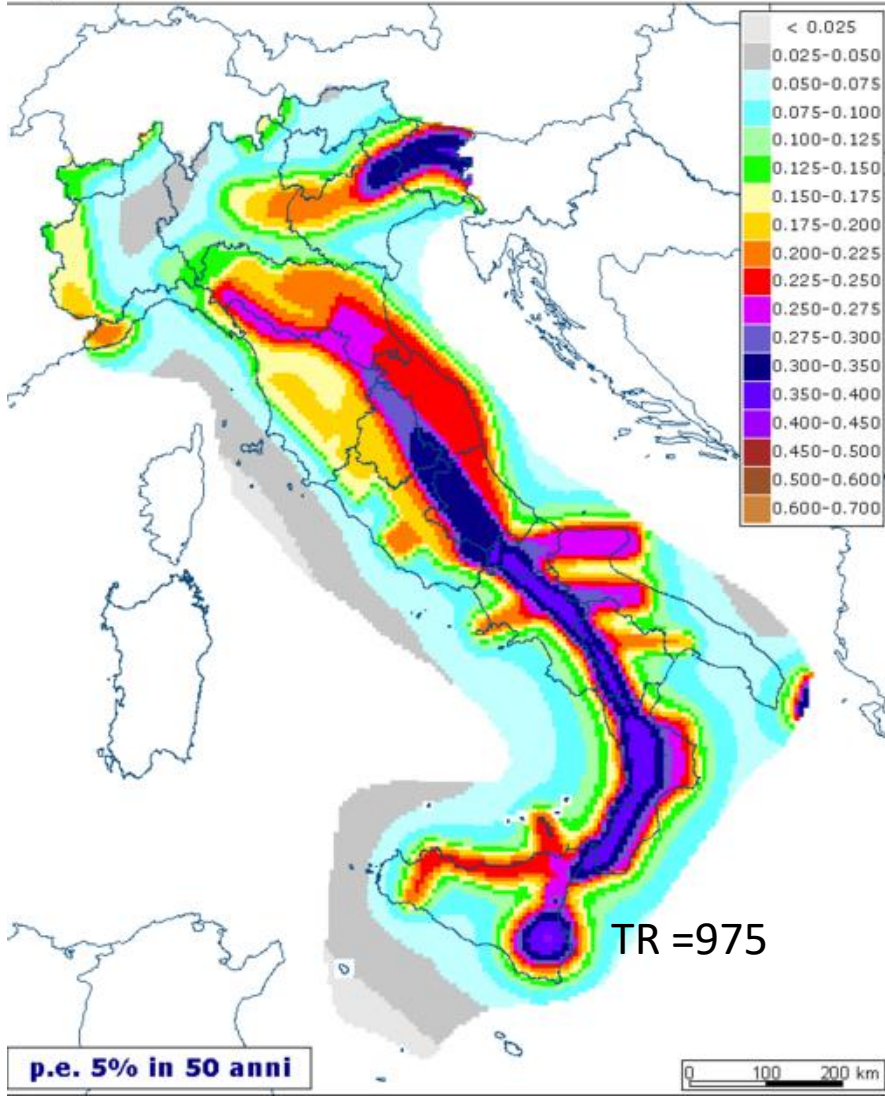
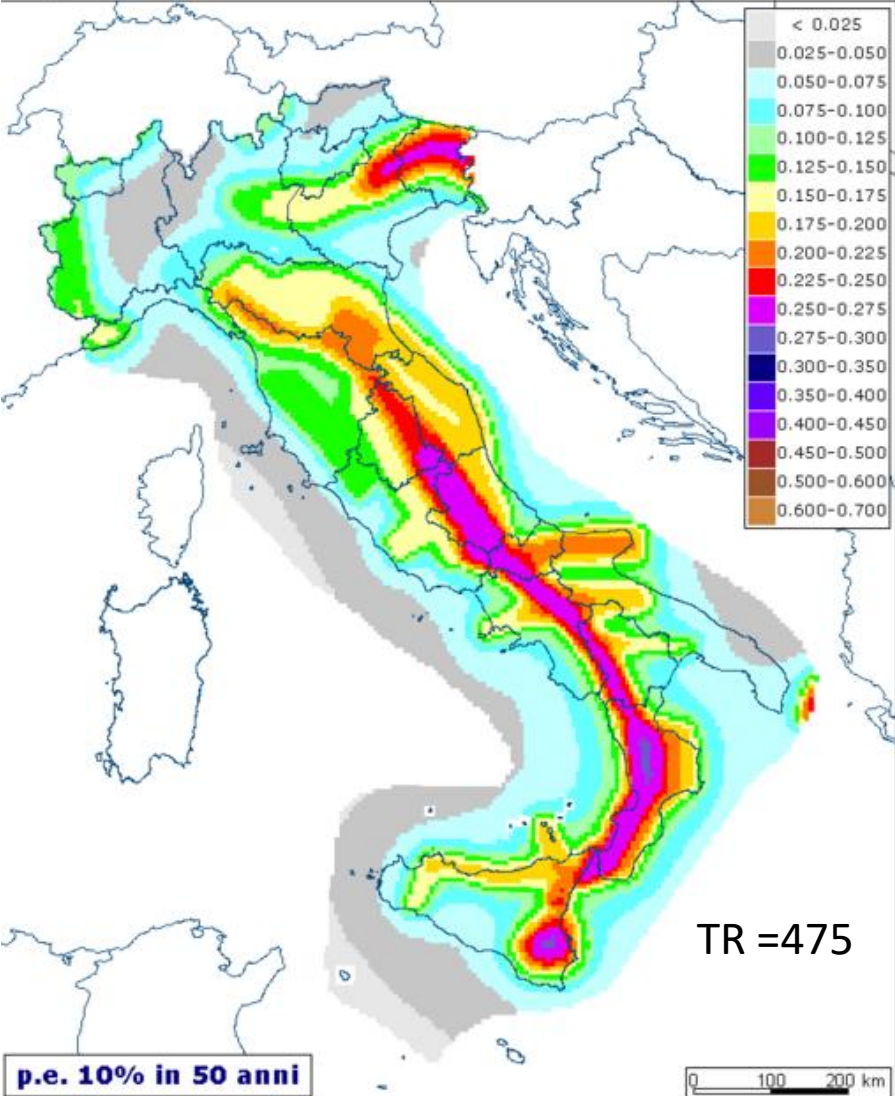


**2960 comuni**

**45% del territorio nazionale  
70% del territorio dell' Italia  
centro-meridionale**







giovedì 6 maggio 1976, alle ore 21, il terremoto sconvolse Friuli.

La mattina del giorno seguente si riunì il Consiglio dei ministri, presieduto da Aldo Moro, che nominò Zamberletti commissario straordinario del Governo.

Mercoledì 12 maggio si tenne una seconda riunione del Consiglio dei ministri che approvò il decreto legge 227 (convertito nella legge 336 del 29 maggio 1976) che conteneva i provvedimenti urgenti e la delega alla Regione per la ricostruzione.



## IL MODELLO FRIULI

è il risultato di un processo collettivo fondato sul concorso creativo di forze tecniche, politiche, economiche e istituzionali di tutti i livelli, con la partecipazione dal basso di tutte le famiglie

Ci siamo dovuti inventare tutto.

**Nuove procedure per il recupero statico e funzionale degli edifici colpiti dagli eventi tellurici - Ulteriori norme integrative della legge regionale 7 giugno 1976, n. 17.**

**DT1** Istruzioni per la documentazione e la presentazione dei progetti , 1977

**DT2** Raccomandazioni per la riparazione strutturale degli edifici in muratura , 1977

**DT3** Fascicolo operativo per lo svolgimento dei cicli di progettazione , 1977

**DT4** Schema di capitolato speciale d'appalto e Capitolato tipo , 1977

**DT5** Prezziario unificato ; APP /DT5.: Elenco integrativo dei prezzi per la progettazione degli edifici di valore ambientale, storico, culturale ed etnico , 1977

**DT6** Istruzioni per il parere tecnico ed economico sui progetti , 1977

**DT7** Illustrazione dei parametri di convenienza tecnica ed economica , 1977

**DT8** Suggerimenti riguardo gli interventi di riparazione di edifici aventi valori ambientali, storici, culturali ed etnici connessi con l'architettura locale , 1977

**DT9:** Suggerimenti riguardo gli interventi di riparazione di edifici aventi valori ambientali, storici, culturali ed etnici connessi con l'architettura locale, 1979

**DT10** Adempimenti conclusivi dei lavori , 1977





**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI UDINE**

hic sunt futura

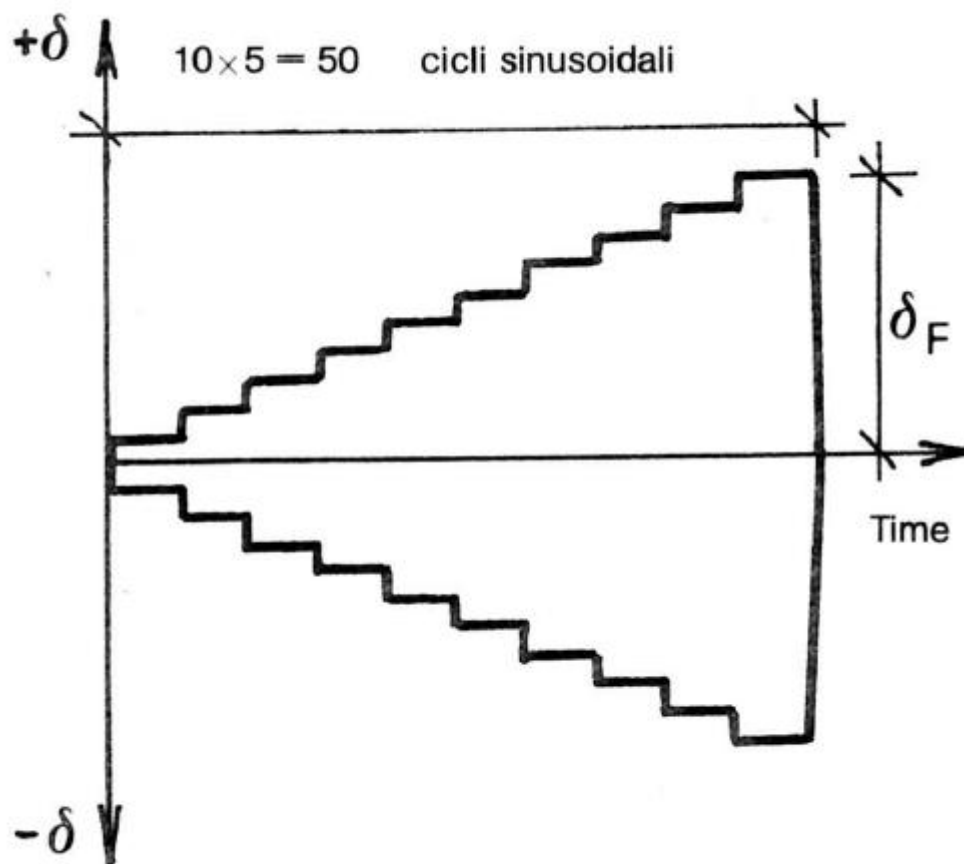
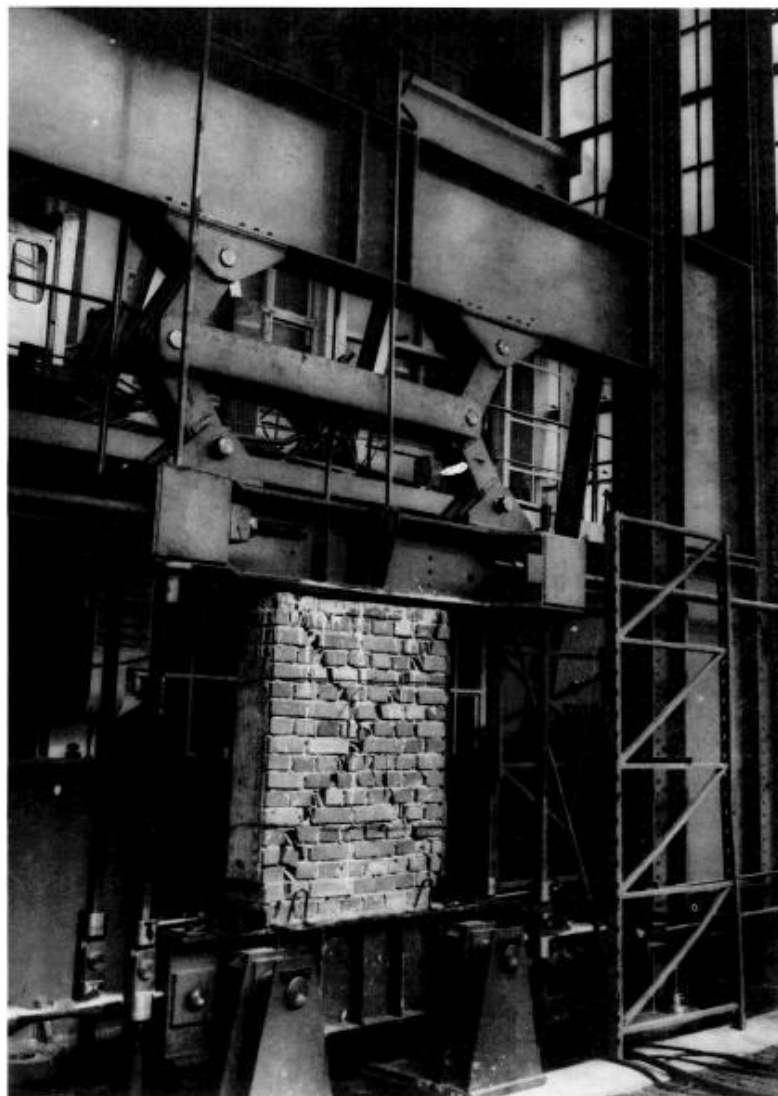
DIPARTIMENTO POLITECNICO  
DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Iniziative per  
il quarantennale  
del terremoto

 **Friuli 1976 2016  
EPICENTRO DI SAPERI**

### **FRIULI 76/16**

Incontri, studi e ricerche per capire assieme  
quanto è cambiato il Friuli dal 1976 e quali  
sono le prossime sfide da affrontare





Edifici e complessi in Italia			
	2001	2011	Variazione
Edifici	12.774.131	<b>14.452.680</b>	13,14%
Complessi	38.397	63.115	64,37%
Totale	12.812.528	<b>14.515.795</b>	13,29%

Edifici per tipo d'uso in Italia					
	2001	2011	%	%	Variazione
Residenziale	11.226.595	12.187.698	<b>87,89</b>	84,33	-0,04
Produttivo	424.728	287.039	3,32	1,99	0,73
Commerciale		246.082		1,70	
Terziario		60.462		0,42	
Turistico		61.426		0,43	
Servizi		178.356		1,23	
Altro	402.167	688.182	3,15	4,76	0,51
Non utilizzati	720.641	743.435	5,64	5,14	-0,09
Totale	12.774.131	<b>14.452.680</b>	100,00	100,00	0,00

Tab. 2.2.1: edifici e complessi di edifici in Italia. Dati: ISTAT, 2001 e 2011.



Edifici e Complessi di edifici			
	2001	<b>2011</b>	VARIAZIONE
ITALIA	12812528	14515795	13,29
NORD EST	2437824	2797296	14,75
<b>FVG</b>	318332	<b>351598</b>	10,45
VENETO	1083992	1222447	12,77
TAA	211737	236313	11,61
EMILIA ROMAGNA	823728	975359	18,41

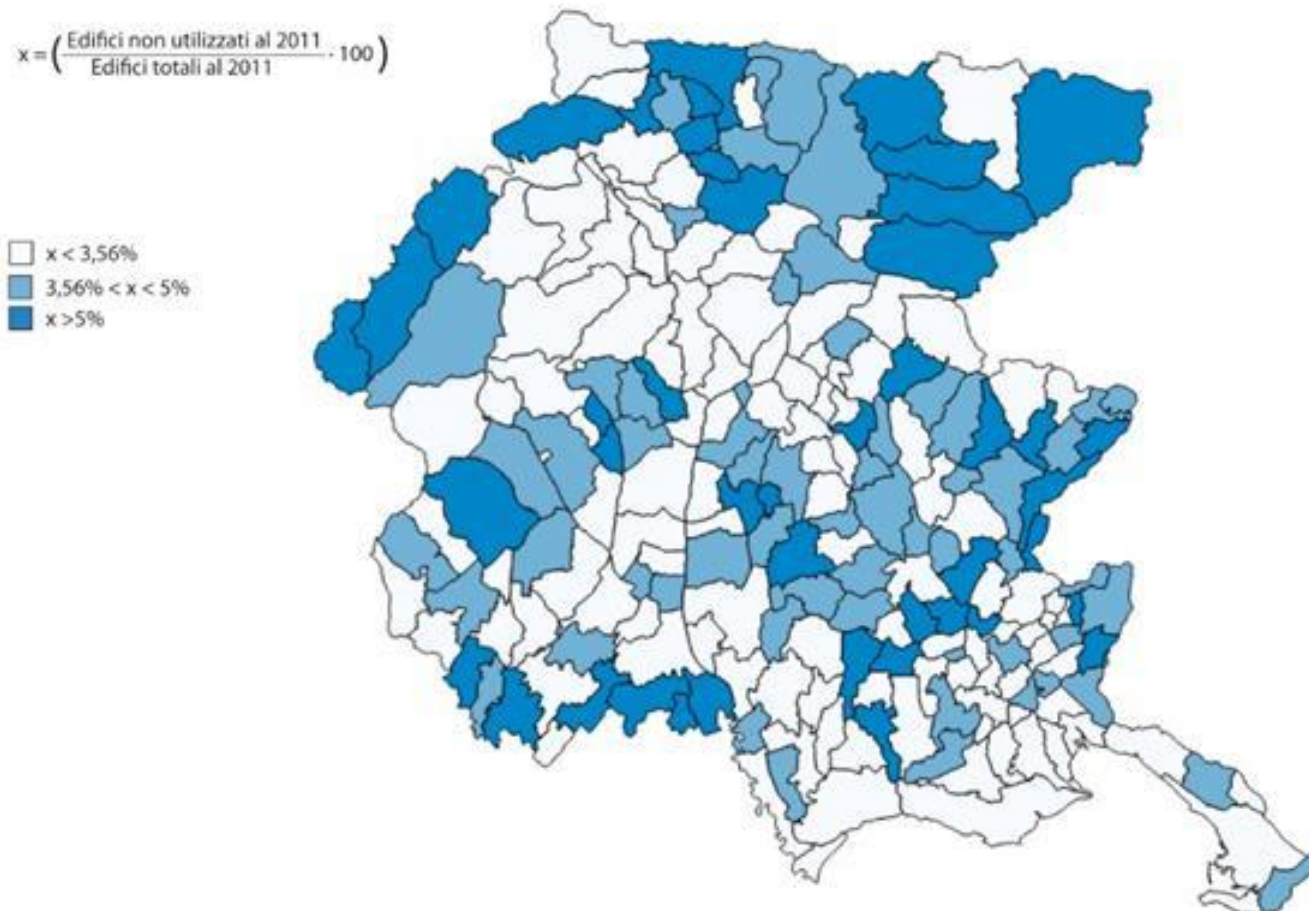


Fig. 2.2.4: edifici non utilizzati nei comuni del Friuli Venezia Giulia. Dati: ISTAT, 2011.

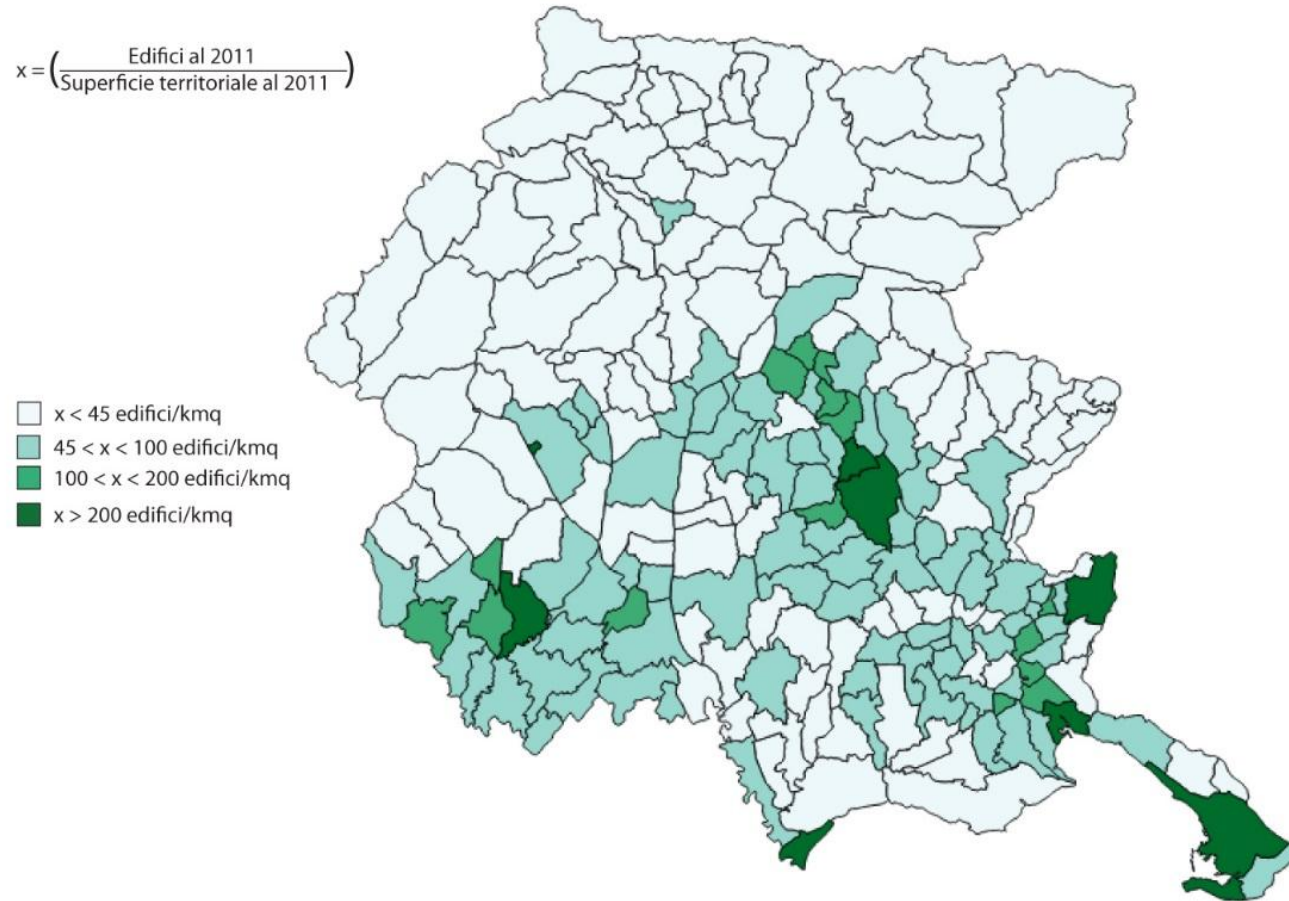


Fig. 2.2.8: edifici sulla superficie territoriale in FVG. Dati: ISTAT, 2011.



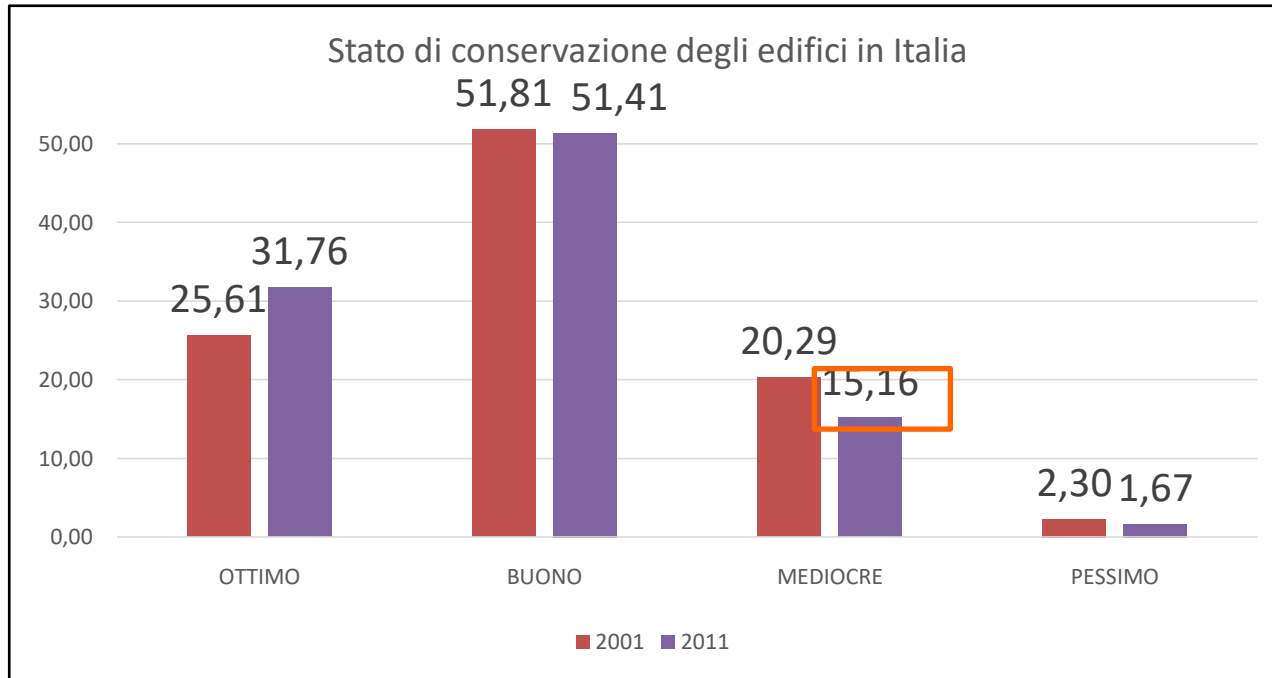
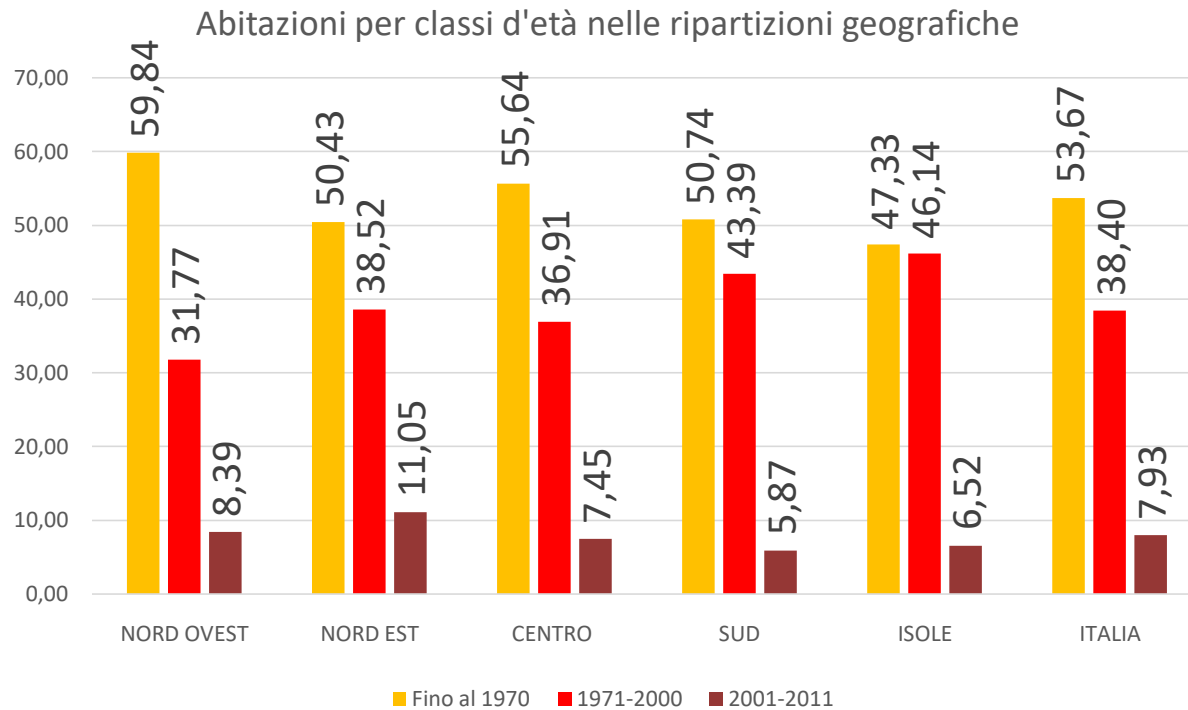


Fig. 2.2.9: stato di conservazione degli edifici in Italia. Dati: ISTAT, 2001 e 2011.



53% di 351000=186.000

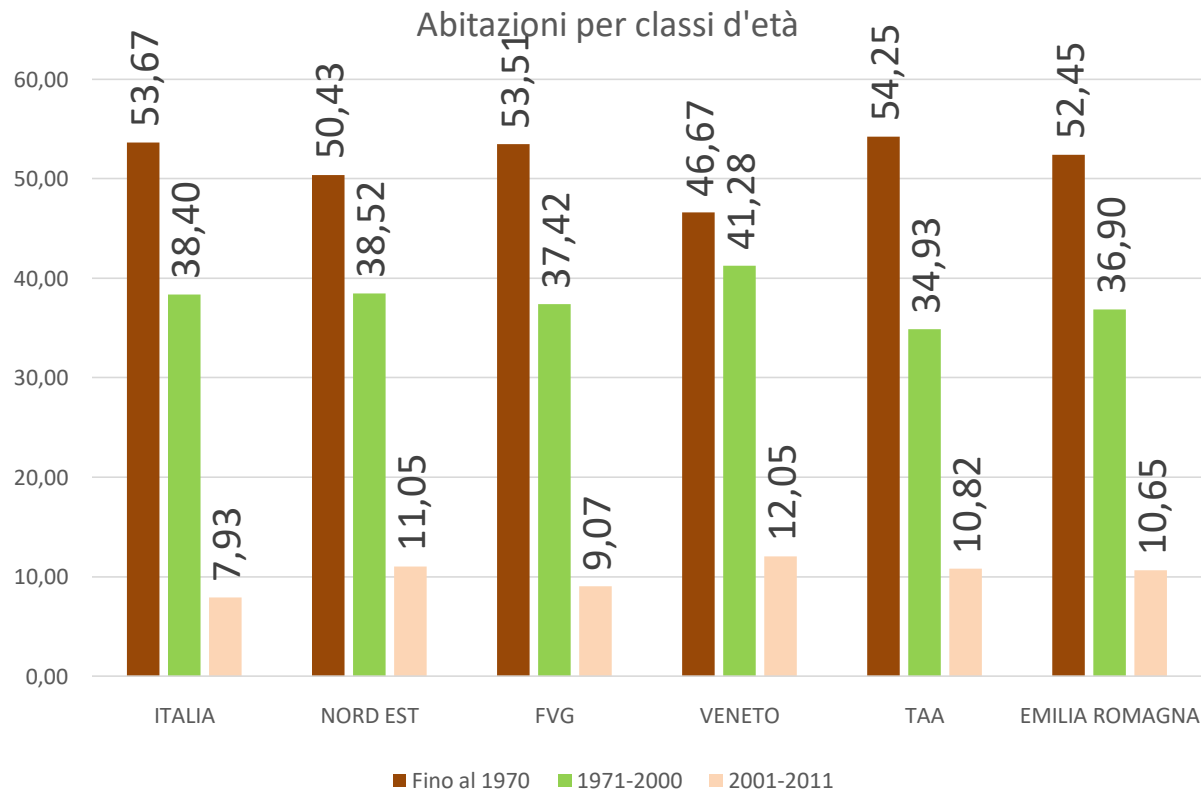


Fig. 2.2.13: abitazioni per periodo di costruzione nel Nord Est. Dati: ISTAT, 2011.



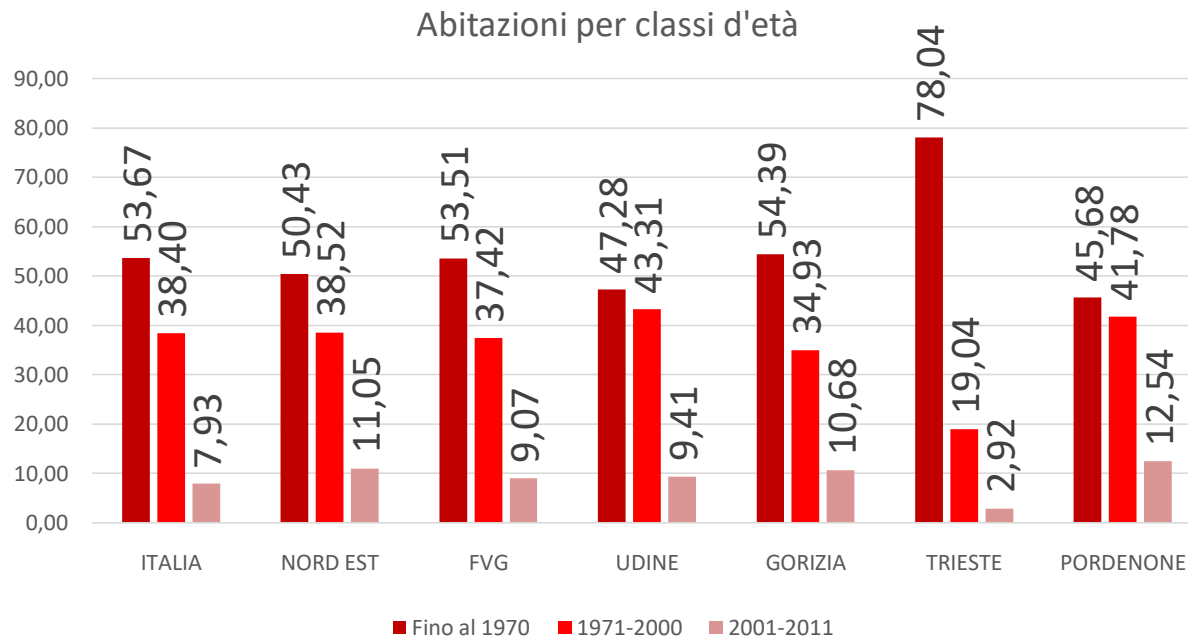


Fig. 2.2.14: abitazioni per periodo di costruzione in Friuli Venezia Giulia. Dati: ISTAT, 2011.

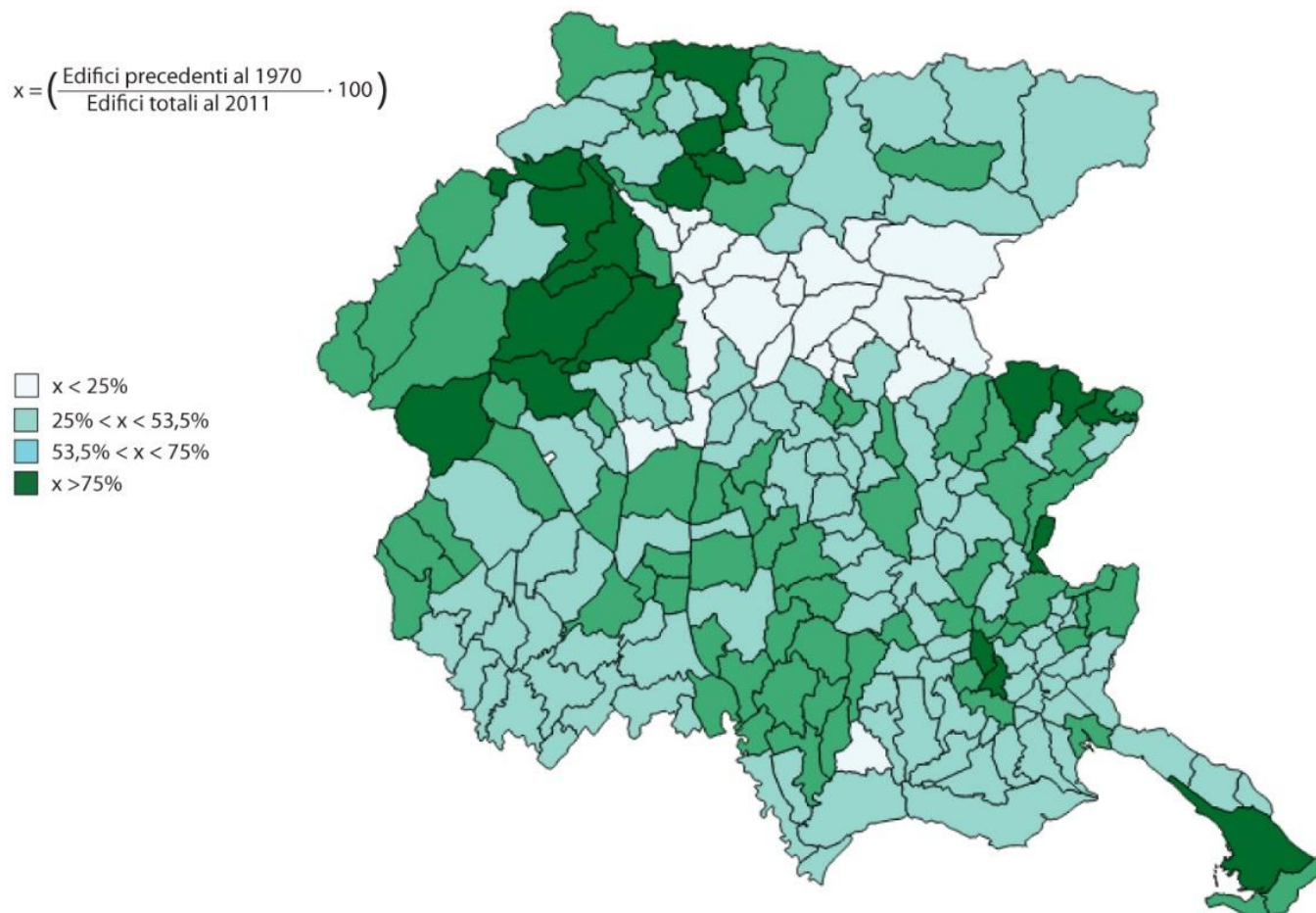


Fig. 2.2.15: abitazioni precedenti al 1970 nei comuni del Friuli Venezia Giulia. Dati: ISTAT, 2011.

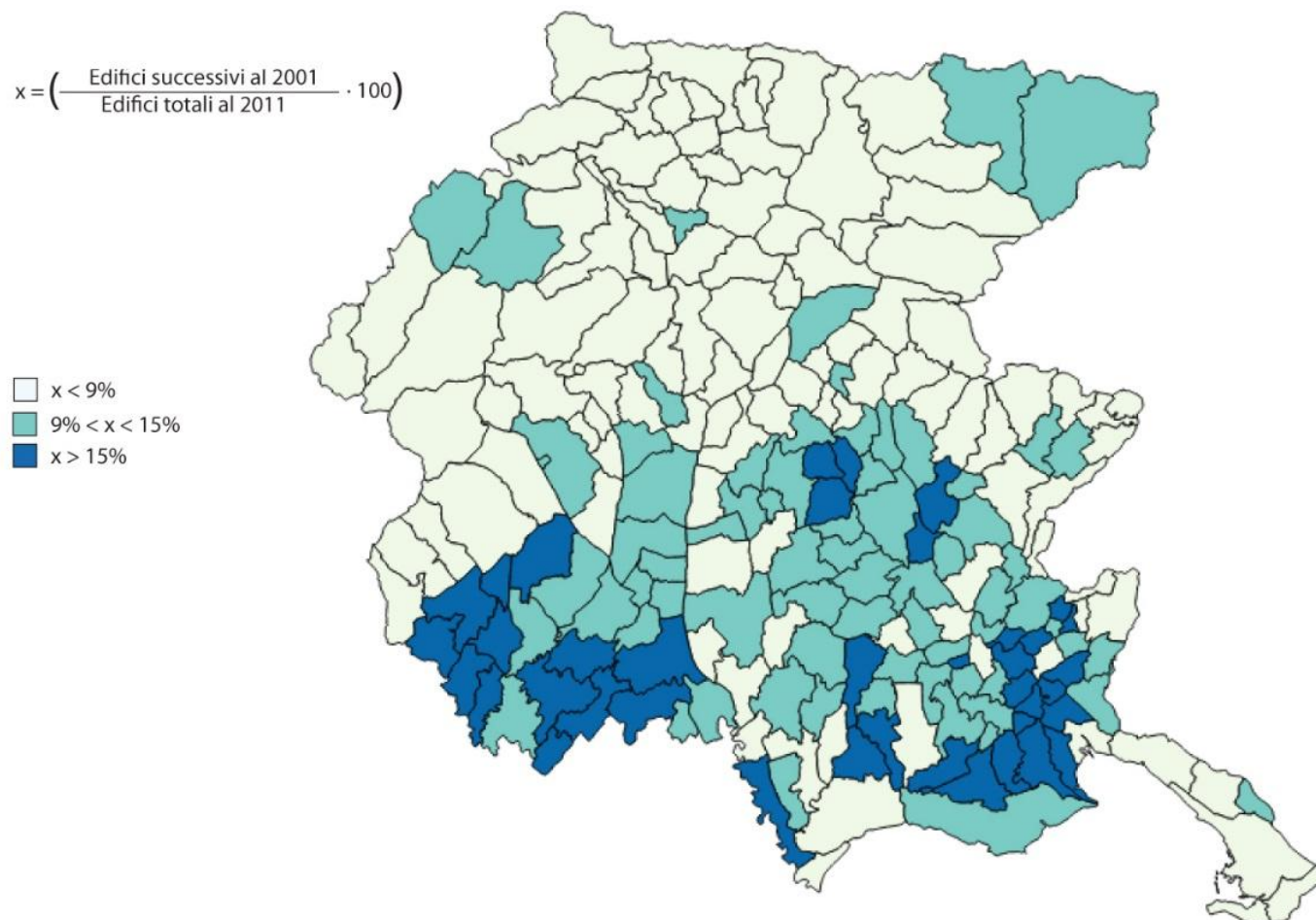


Fig. 2.2.16: abitazioni successive al 2001 nei comuni del Friuli Venezia Giulia. Dati: ISTAT, 2011.



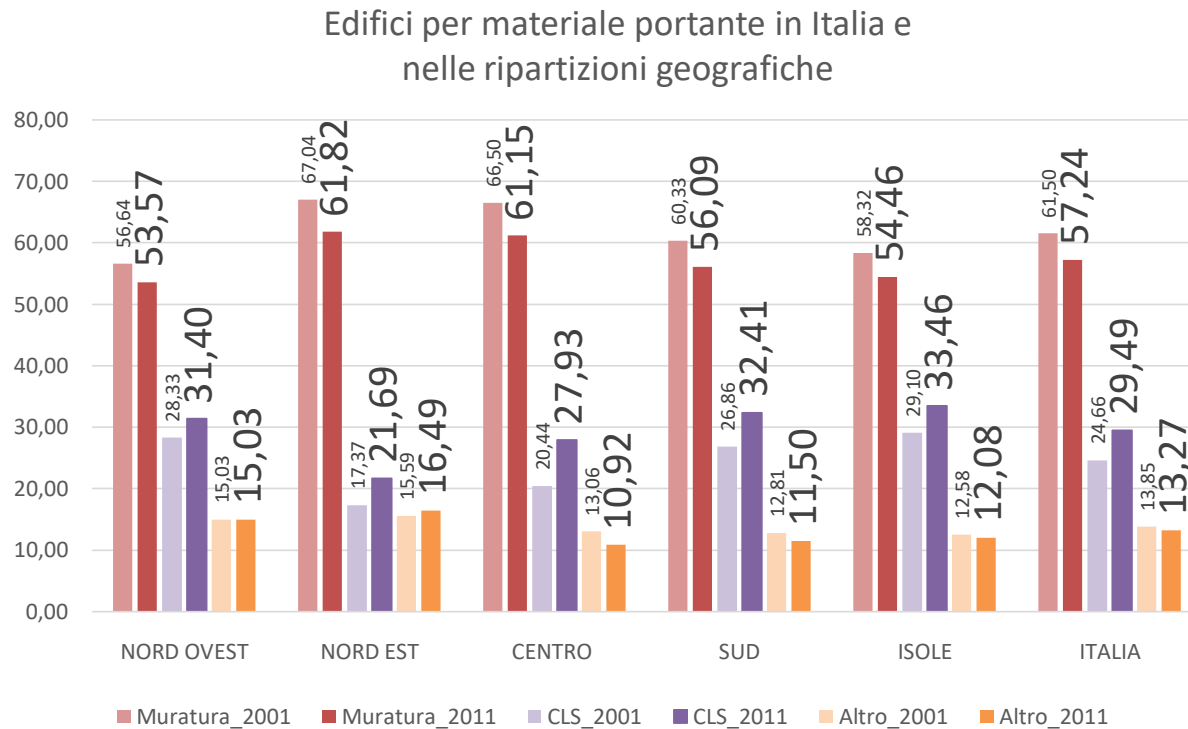


Fig. 2.2.17: edifici per tipo di materiale portante in Italia e nelle ripartizioni geografiche. Dati: ISTAT, 2001 e 2011.

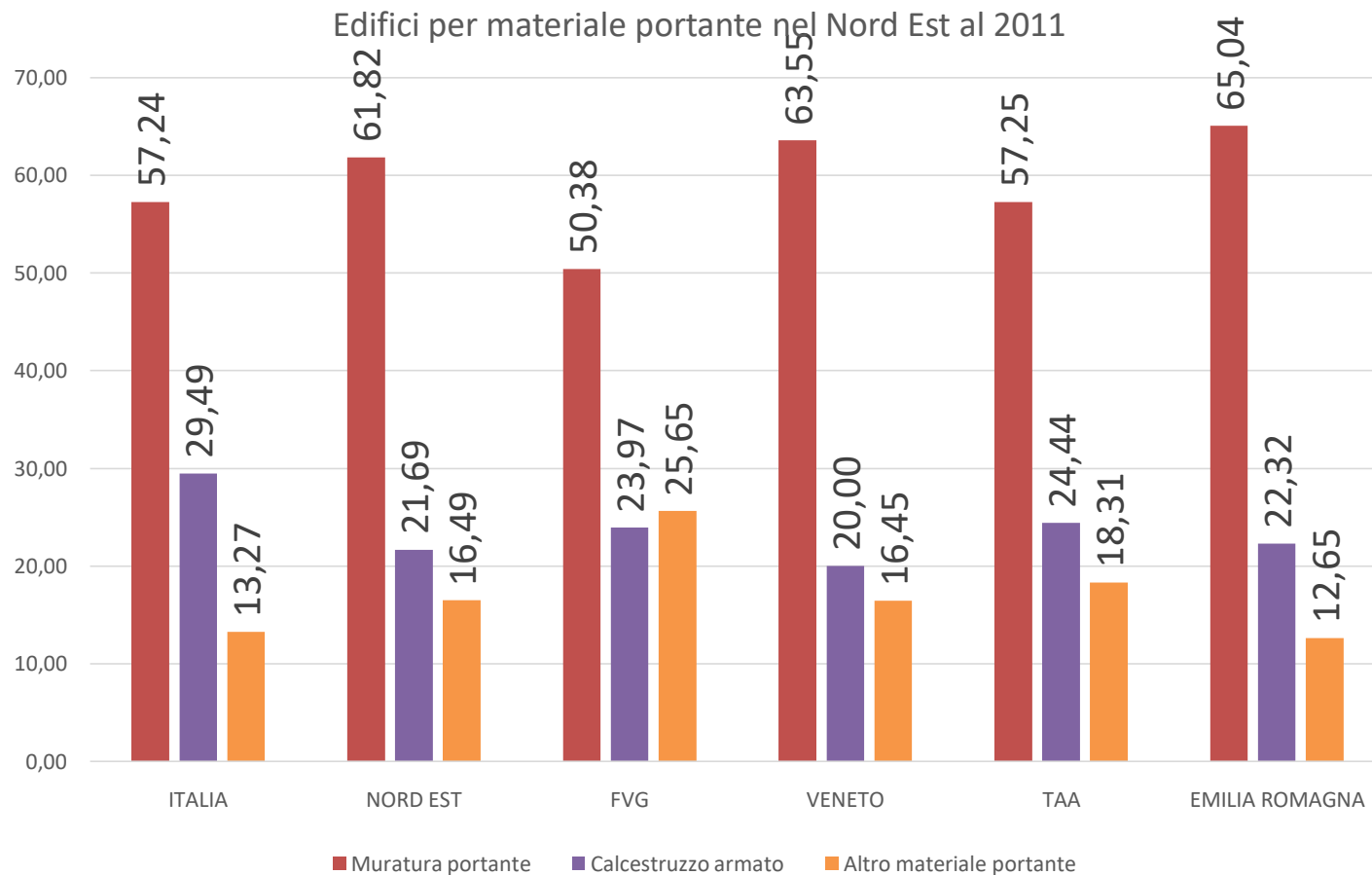


Fig. 2.2.18: edifici per tipo di materiale portante nelle regioni del Nord Est. Dati: ISTAT, 2011.

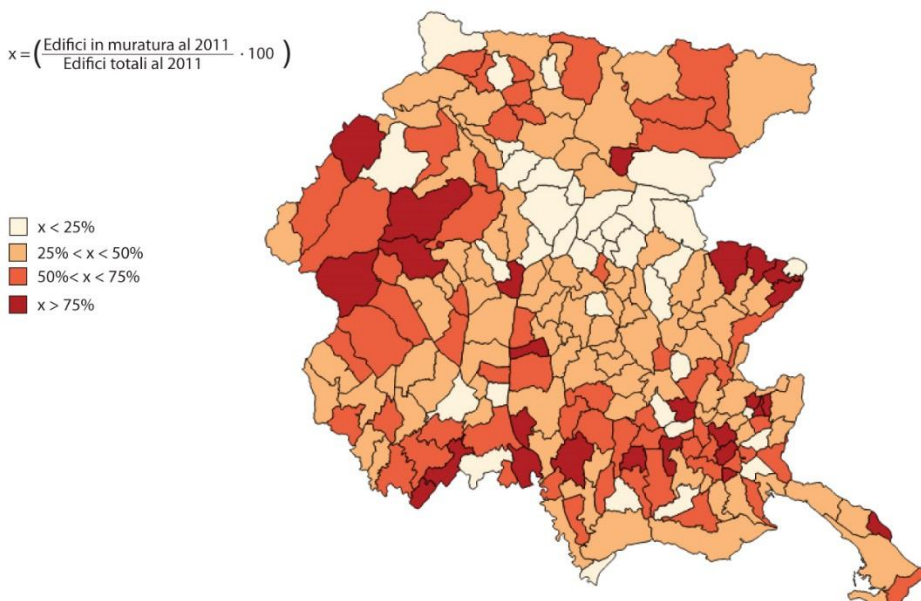


Fig. 2.2.20: edifici in muratura portante nei comuni del FVG al 2011. Dati: ISTAT, 2011.

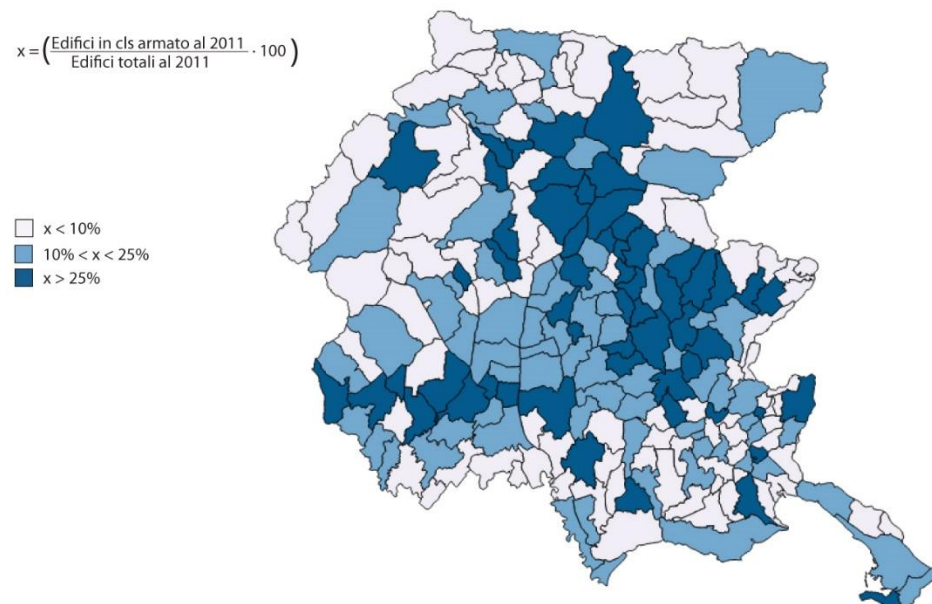


Fig. 2.2.21: edifici in calcestruzzo armato nei comuni del FVG al 2011. Dati: ISTAT, 2011.



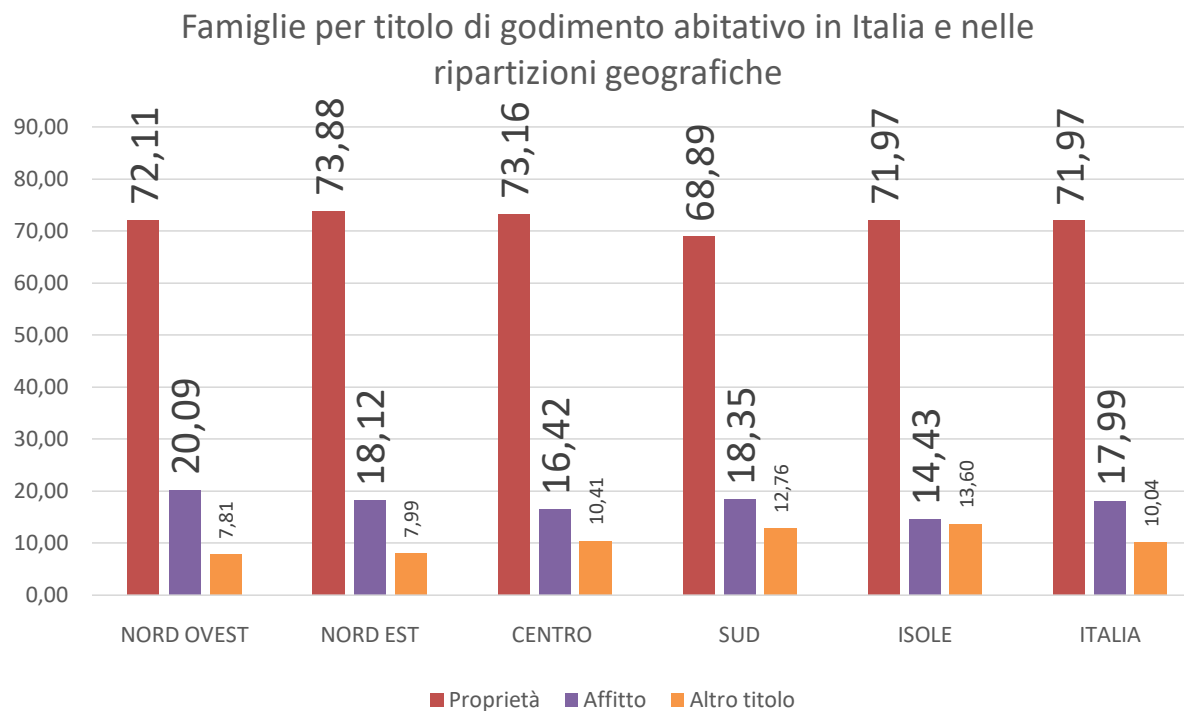


Fig. 2.2.29: famiglie per titolo di godimento abitativo in Italia e nelle ripartizioni geografiche. Dati: ISTAT, 2011.

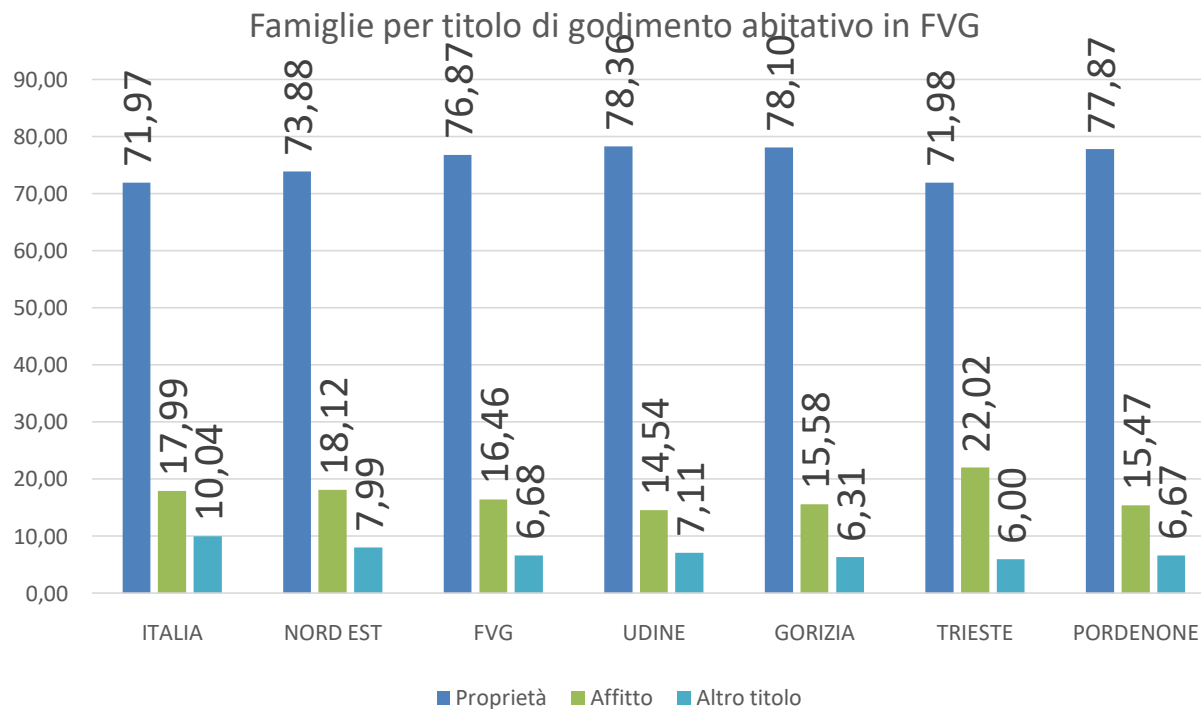


Fig. 2.2.33: famiglie per titolo di godimento abitativo in Friuli Venezia Giulia. Dati: ISTAT, 2011.

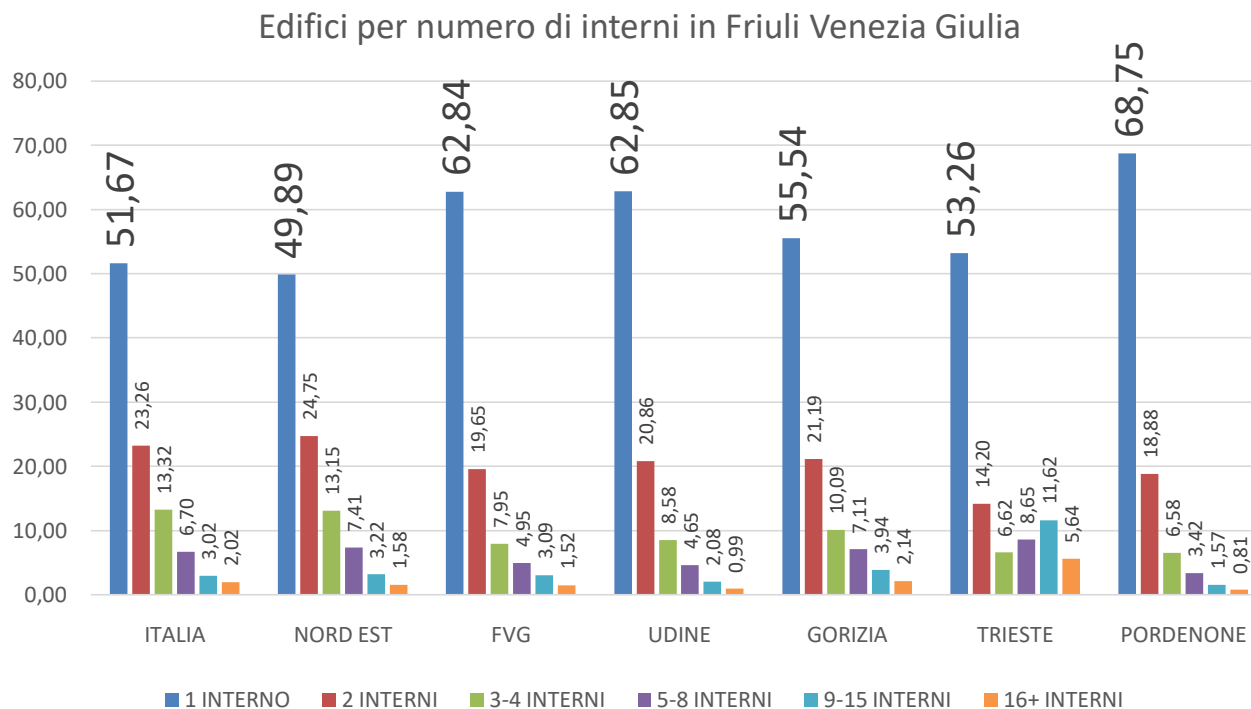


Fig. 2.2.41: edifici residenziali per numero di interni in Friuli Venezia Giulia. Dati: ISTAT, 2011.

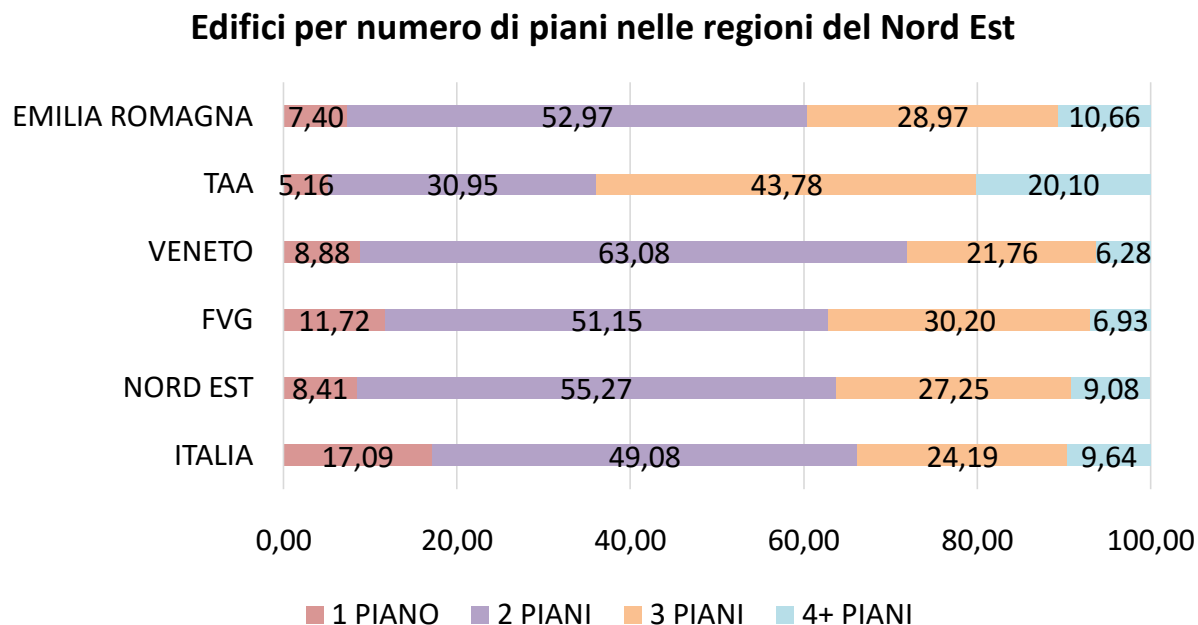


Fig. 2.2.44: edifici residenziali per numero di piani nel Nord Est. Dati: ISTAT, 2011.

*Un sentito ringraziamento va alla studentessa di Ingegneria  
 dell'Università di Udine  
 Elisabetta Paviotti*

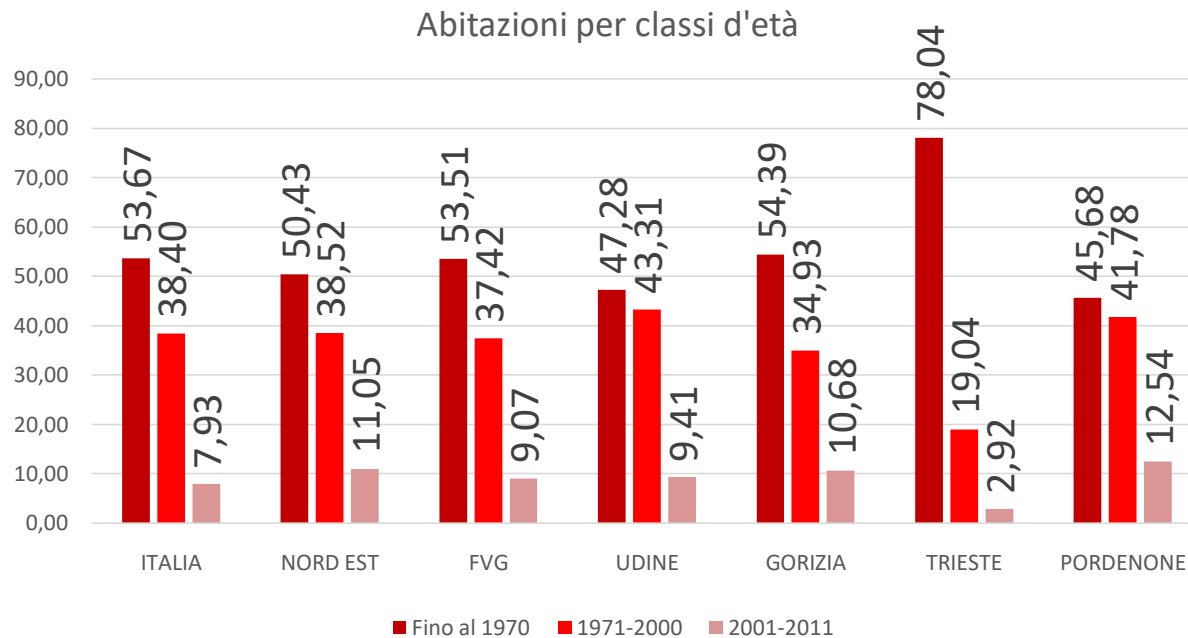
*che ha elaborato i dati ISTAT nell'ambito della Tesi di Laurea.*

Prof. ing. Alessandra Gubana





53% di 351000=186.000



**Legge 2 febbraio 1974, n. 64**

**Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche**



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI UDINE**

hic sunt futura

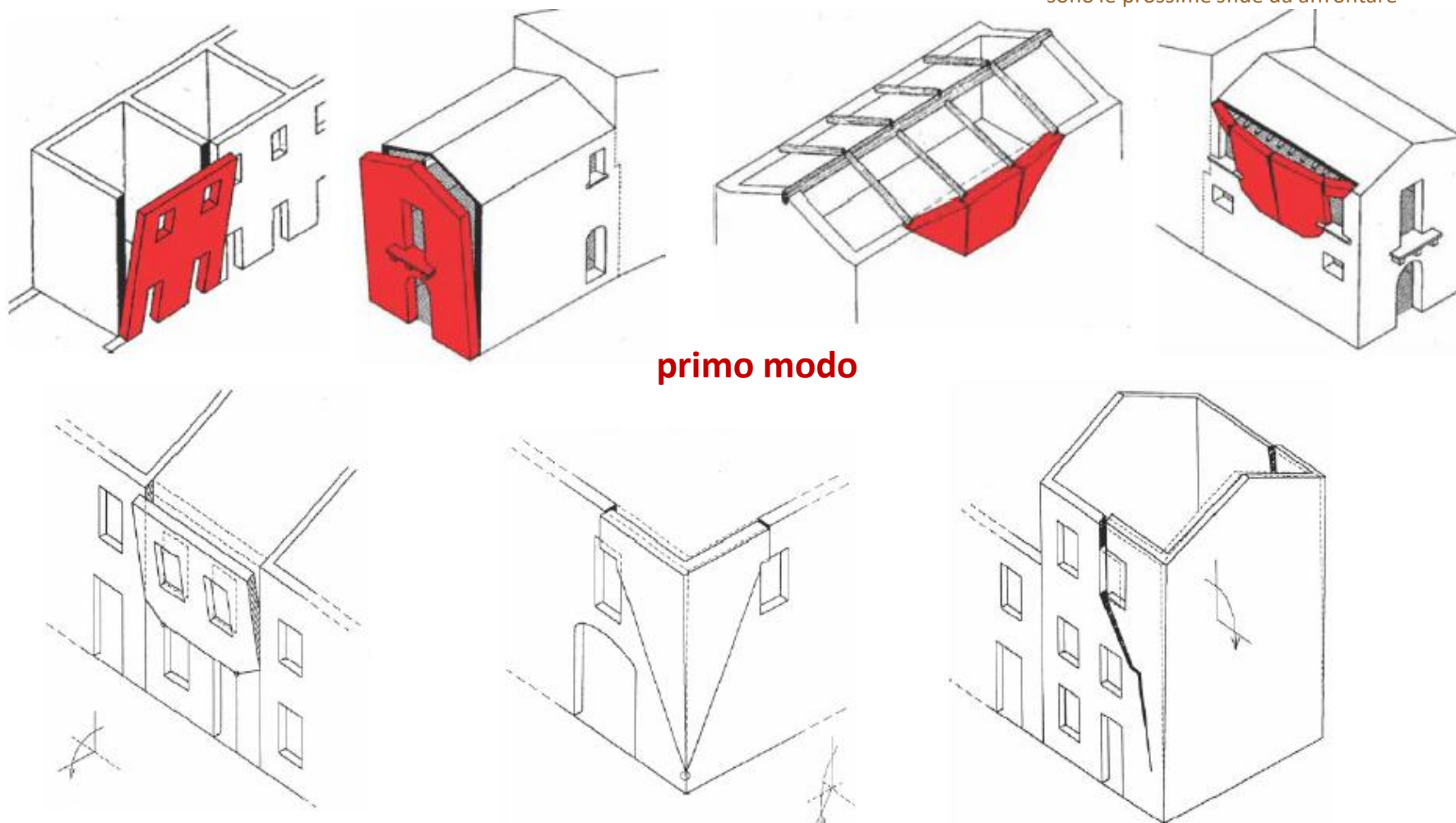
DIPARTIMENTO POLITECNICO  
DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Iniziative per  
il quarantennale  
del terremoto

 **Friuli 1976 2016  
EPICENTRO DI SAPERI**

**FRIULI 76/16**

Incontri, studi e ricerche per capire assieme  
quanto è cambiato il Friuli dal 1976 e quali  
sono le prossime sfide da affrontare





**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI UDINE**

hic sunt futura

DIPARTIMENTO POLITECNICO  
DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Iniziative per  
il quarantennale  
del terremoto

 **Friuli 1976 2016  
EPICENTRO DI SAPERI**

**FRIULI 76/16**

Incontri, studi e ricerche per capire assieme  
quanto è cambiato il Friuli dal 1976 e quali  
sono le prossime sfide da affrontare

## **secondo modo**

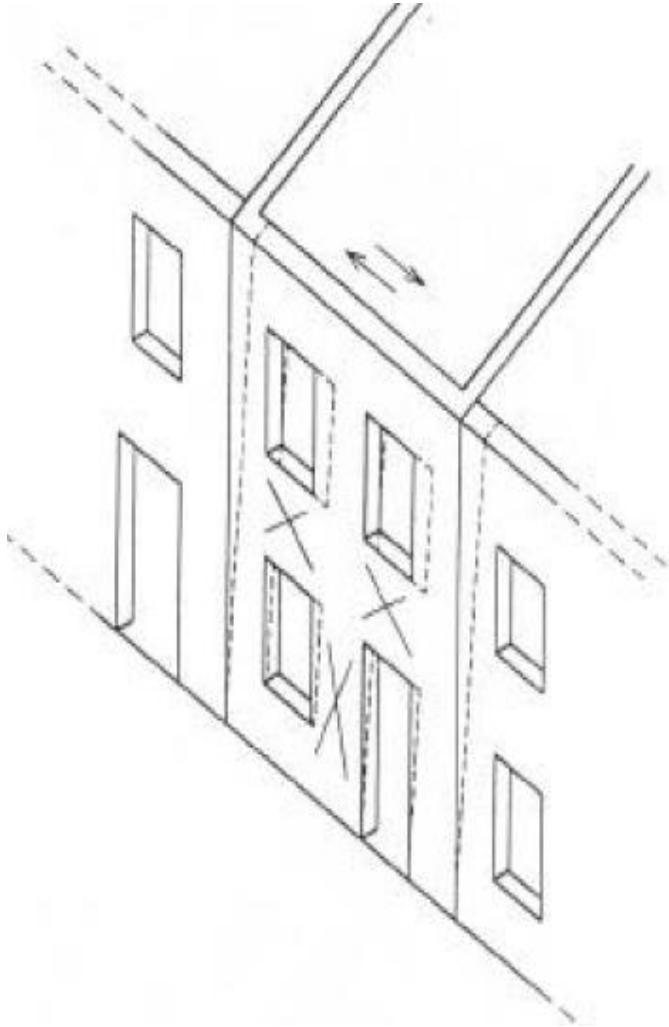


San Gregorio (AQ) , 2009



Bovec, 1998

## Secondo modo







**Ancient masonry of a church located in the historical centre of L'Aquila**

Out of plane behaviour: separation between two masonry walls due to poor arrangement of the stones.

*Photo by B. Calderoni, E.A. Cordasco, C. Giubileo and L. Migliaccio*



© Reluis 2009

[www.reluis.it](http://www.reluis.it)

### Facade of a church located in the historical centre of L'Aquila

Out of plane behaviour: flexural mechanism of facade wall. Note the inefficient connection of the barrel vault, while iron ties avoided global overturning.

*Photo by B. Calderoni, E.A. Cordasco, C. Giubileo and L. Migliaccio*



**Building located in the historical centre of L'Aquila**

Out of plane behaviour: collapse mechanism of the upper zone of the wall. Note the poor quality of masonry, without efficient transversal connection elements, and the roof structure not well anchored to the wall. Iron ties avoided global overturning.

*Photo by B. Calderoni, E.A. Cordasco, C. Giubileo and L. Migliaccio*



© Reluis 2009

[www.reluis.it](http://www.reluis.it)

**Church located in the historical centre of L'Aquila**

Out of plane behaviour: overturning mechanism of the facade wall detached from orthogonal walls.

*Photo by B. Calderoni, E.A. Cordasco, C. Giubileo and L. Migliaccio*





30 SETTEMBRE  
GIORNATA NAZIONALE  
PREVENZIONE  
SISMICA

TRIESTE 20 SETTEMBRE 2018



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI UDINE  
hic sunt futura

Prof. ing. Alessandra Gubana



**Building located in the historical centre of L'Aquila**

In plane behaviour: several iron ties, placed in correspondence of orthogonal walls at each storey, avoided the out of the plane collapse. Diagonal cracks, in both spandrels and piers, testify the engagement of the wall in its own plane.

*Photos by B. Calderoni, E.A. Cordasco, C. Giubileo and L. Migliaccio*



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI UDINE**

hic, sunt futura

DIPARTIMENTO POLITECNICO  
DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Iniziative per  
il quarantennale  
del terremoto

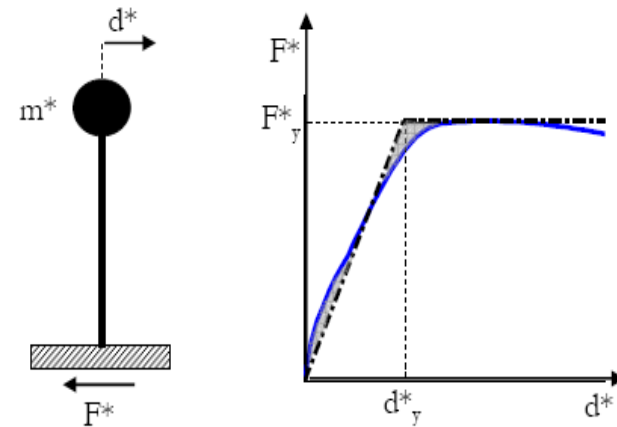
Friuli 1976 2016  
**EPICENTRO DI SAPERI**

**FRIULI 76/16**

Incontri, studi e ricerche per capire assieme  
quanto è cambiato il Friuli dal 1976 e quali  
sono le prospettive del rafforzamento

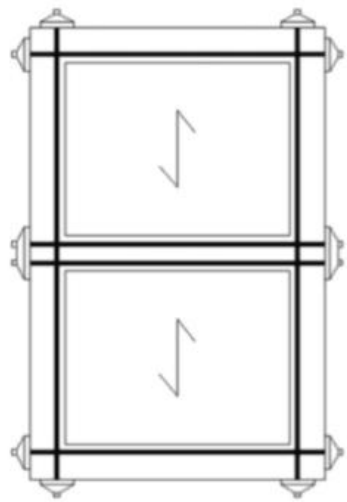
Conversione del legame forza-spostamento ottenuto in sistema bilineare  
equivalente, riportando anche la forza massima e lo spostamento massimo  
dell'edificio al primo modo di vibrare, attraverso il coefficiente di  
partecipazione modale

Spostamento richiesto: smorzamento dello spettro?

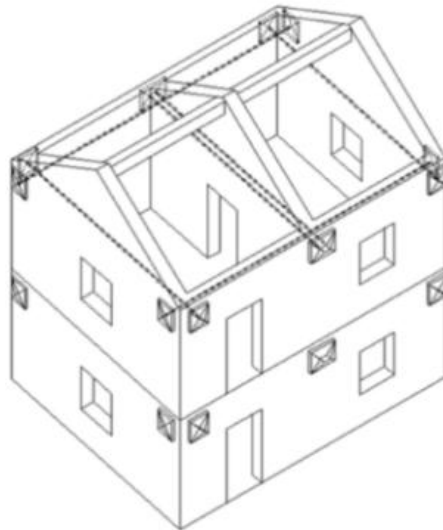


La Forza  $F^*$  e lo spostamento  $d^*$  del sistema equivalente ad un grado di libertà sono legati in  
campo elastico alle corrispondenti grandezze dell'edificio dalle relazioni:

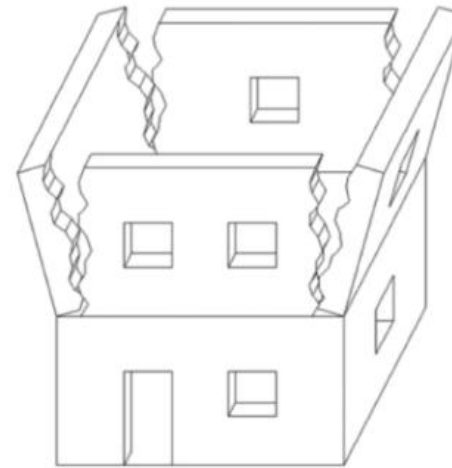
$F^* = F_b / \Gamma$   $d^* = d_c / \Gamma$  essendo  $\Gamma$  il fattore di partecipazione modale



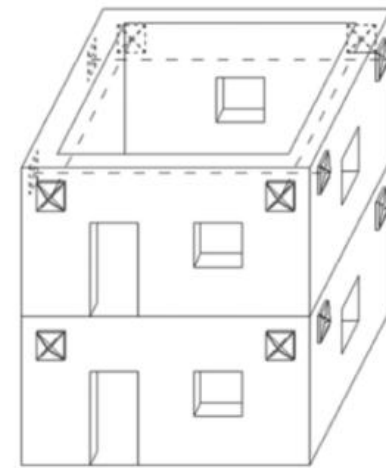
Vista in pianta



Vista tridimensionale

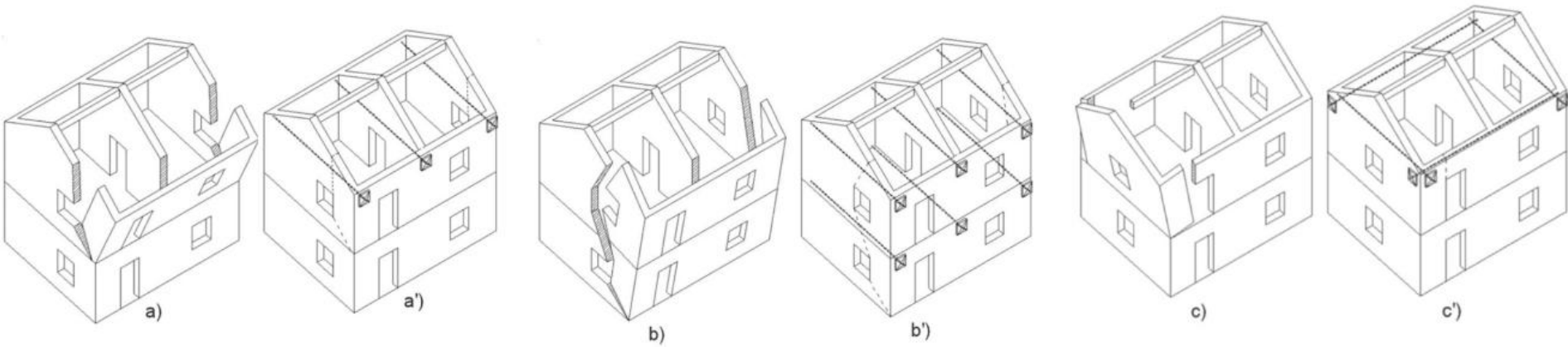


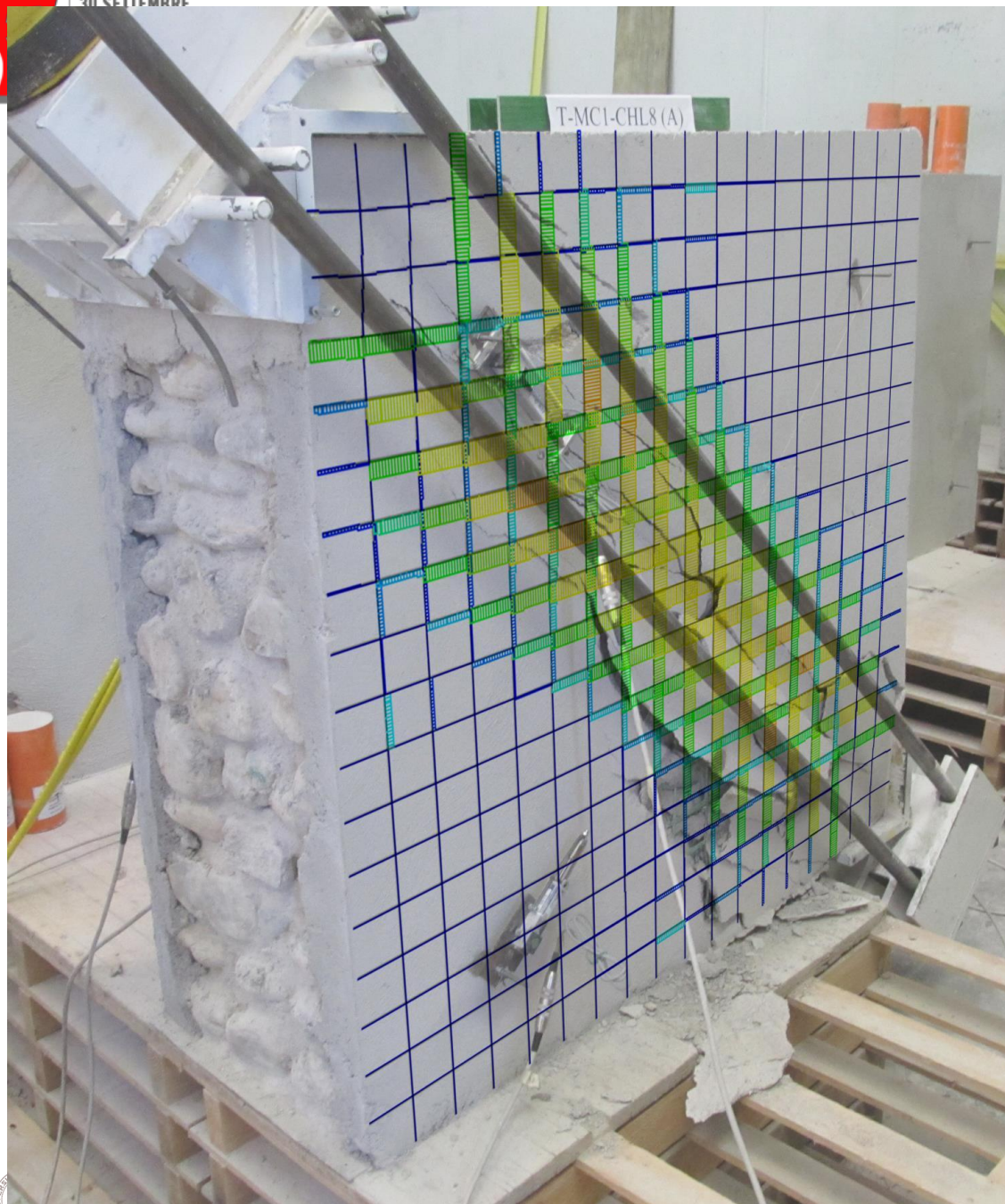
a) comportamento dell'edificio senza tiranti



b) comportamento dell'edificio con tiranti











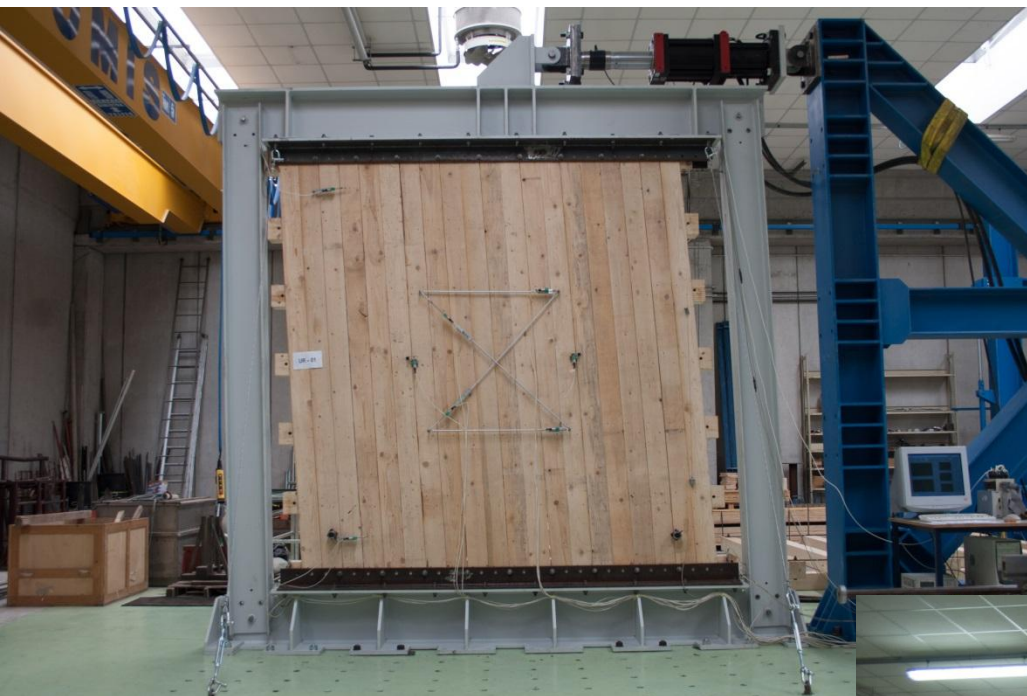
30 SETTEMBRE  
GIORNATA NAZIONALE  
PREVENZIONE

TRIESTE 20 SETTEMBRE 2018



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI UDINE  
*hic sunt futura*

Prof. ing. Alessandra Gubana

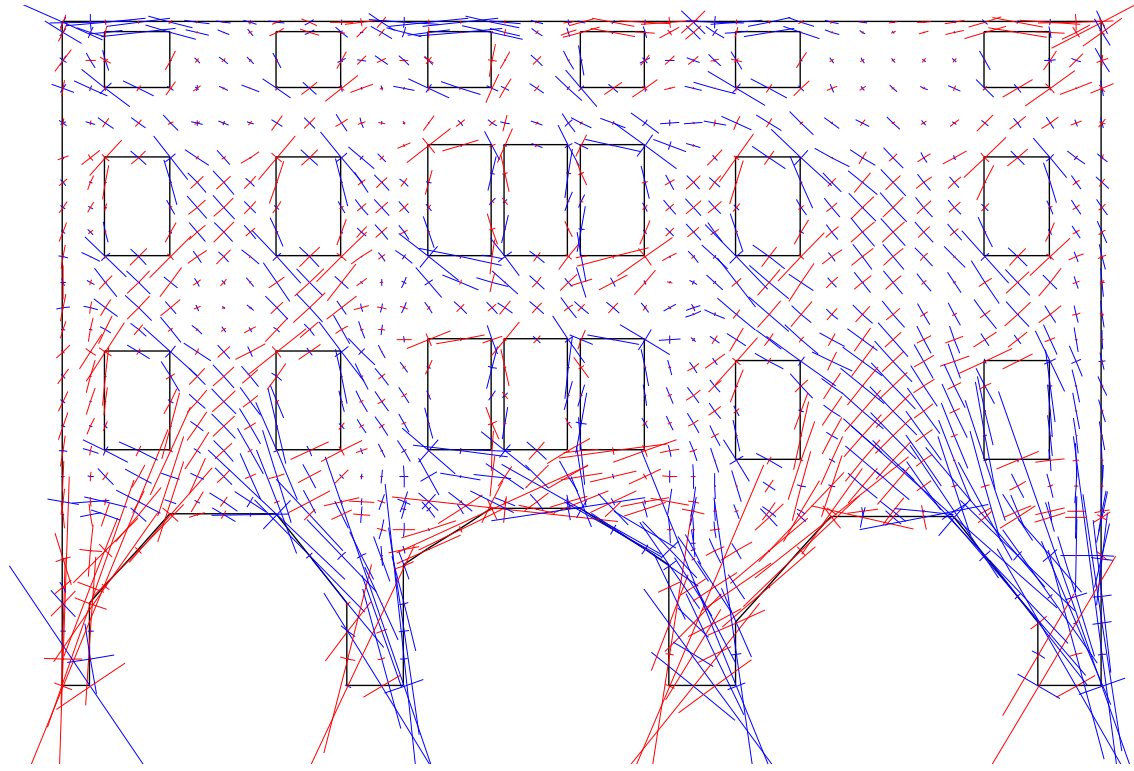








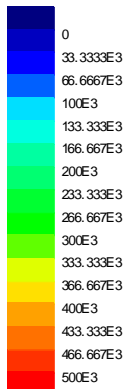




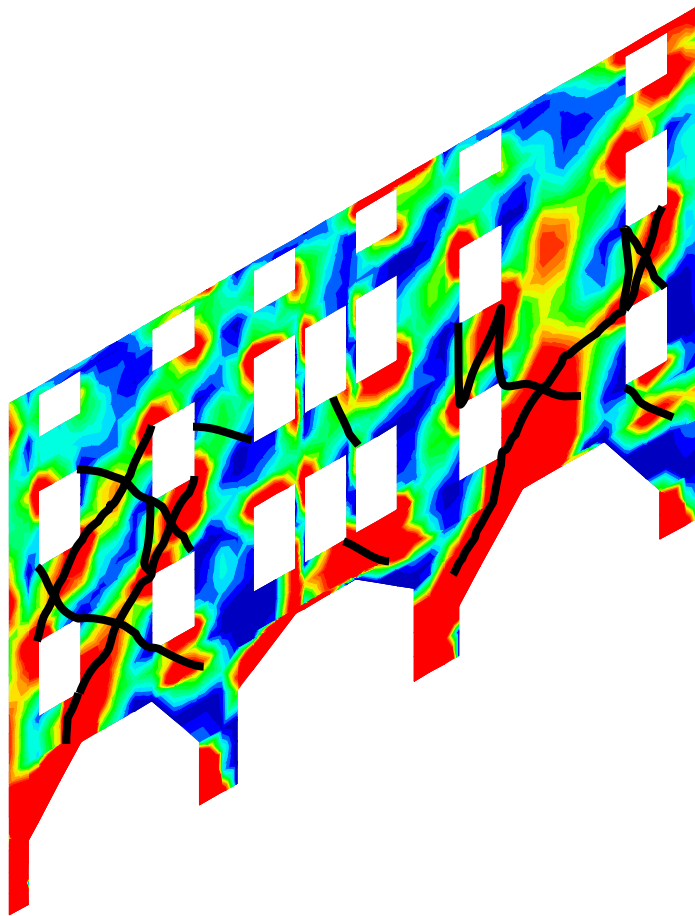
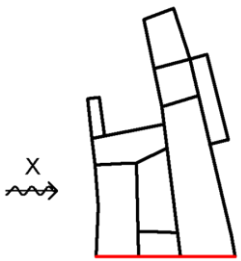
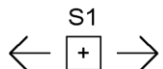
## ANALISI STATICA

Sisma in direzione  
parallela al prospetto  
sulla via

SISMA IN DIREZIONE X  
 MID STRESS  
 CONTOURS OF S1 [ N/m<sup>2</sup> ]



Max 0.8753E+07 at Node 1223  
 Min 8.544 at Node 1904

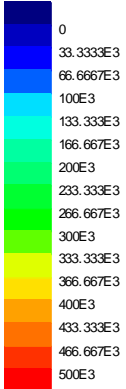


Andamento delle tensioni  
principali di trazione

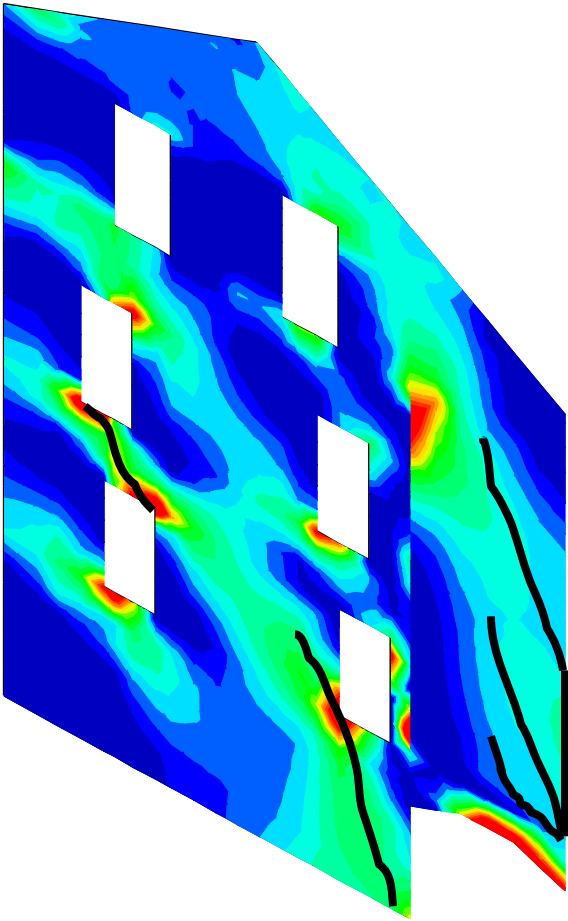
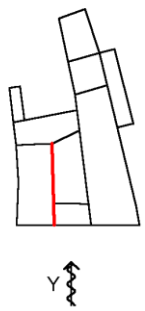
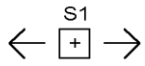
# ANALISI STATICA

Sisma in direzione  
ortogonale al  
prospetto sulla via

SISMA IN DIREZIONE Y  
 MID STRESS  
 CONTOURS OF S1 [N/m^2]



Max 0.7995E+06 at Node 5282  
 Min 0.4613 at Node 5969



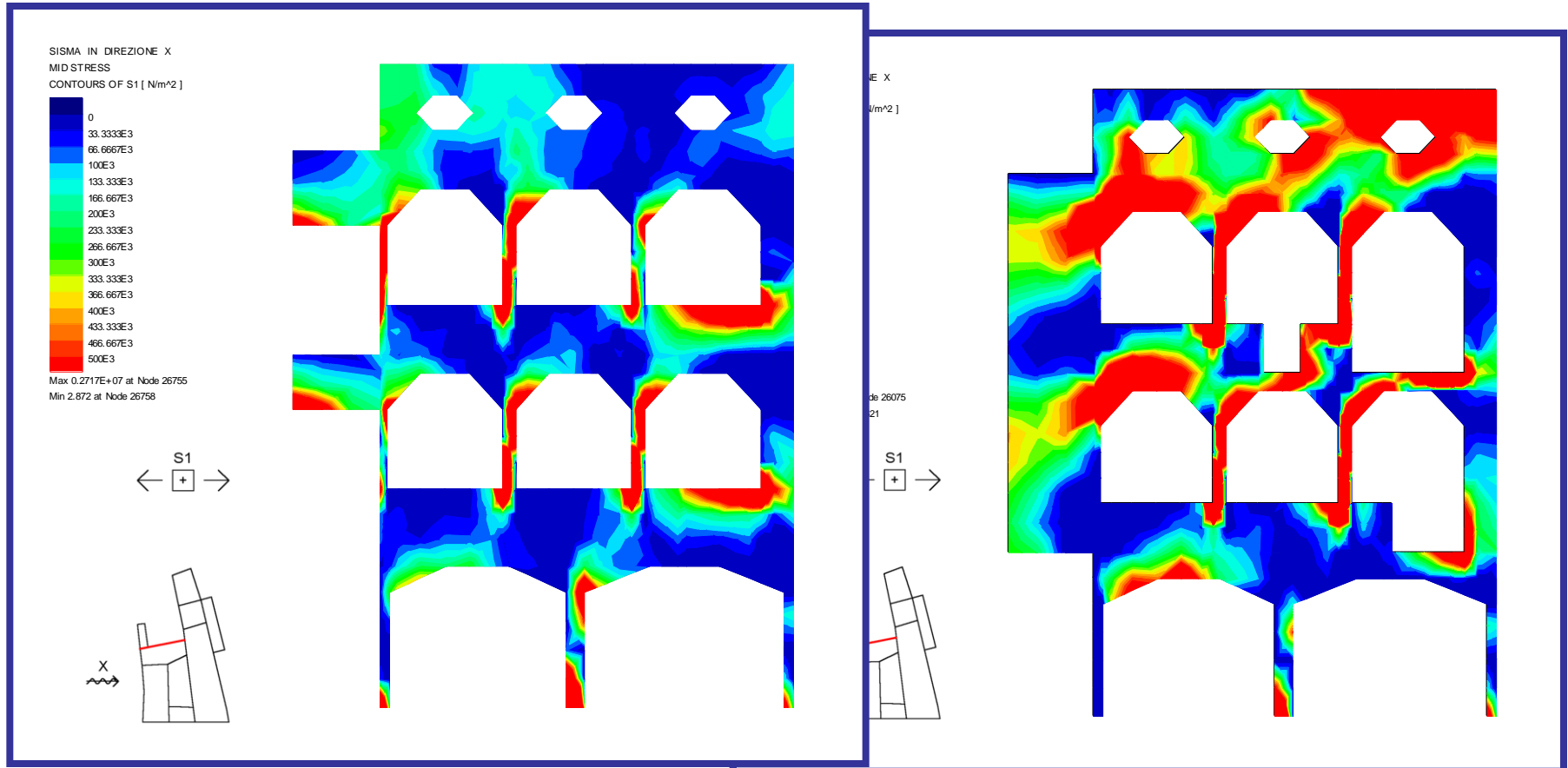
Andamento delle tensioni  
principali di trazione



## ANALISI SISMICA DELL'EDIFICIO ISOLATO (ANALISI STATICA)

### CONFRONTO TRA STATO DI FATTO E PROGETTO

Sisma in direzione parallela al prospetto sulla via



Andamento delle tensioni principali di trazione (progetto)

Andamento delle tensioni principali di trazione (stato di fatto)



